МСХ СССР

Украинская ордена Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

ТОМ IX

ГОССЕЛЬХОЗИЗДАТ
УССР

303

NSP
RAM
MM

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
12 SEP 1962

17353

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/scientificworks0009vari

В ОБМЕН

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

УКРАИНСКАЯ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

ТОМ IX

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
УКРАИНСКОЙ ССР
Киев—1957

Редакционная коллегия:

Пшеничный П. Д., ректор академии, доктор с.-х. наук, профессор (ответственный редактор); Зеленский М. А., доктор с.-х. наук, профессор (заместитель редактора); Крамаров В. С., доктор техн. наук, профессор; Гирко П. А., профессор; Подолич Б. М., канд. с.-х. наук, доцент; Григорович Д. А., канд. экон. наук, доцент; Никитин К. Е., канд. с.-х. наук, доцент; Кравченко П. П., канд. техн. наук, доцент; Краверс А. Д., канд. техн. наук, доцент; Бердинских И. П., канд. техн. наук, доцент

ПРЕДИСЛОВИЕ

После XX съезда Коммунистической партии Советского Союза труженики колхозов и совхозов Украины успешно осуществляют широкую программу дальнейшего подъема всех отраслей сельскохозяйственного производства. Уже за первый год работы после съезда в республике значительно увеличилось производство зерна, сахарной свеклы, льна, картофеля, конопли, овощей, плодов и ягод, резко возросло поголовье общественного животноводства и его продуктивность. Рост денежных доходов колхозов и совхозов позволяет расширить капиталовложения в производство, вести большое строительство хозяйственных помещений, жилых домов и учреждений культурно-бытового обслуживания колхозников, рабочих МТС и совхозов.

Опыт работы колхозов и совхозов Украины показывает, что применение агротехнических мероприятий, разработанных в зональном разрезе на базе комплексной механизации и электрификации, а также снижение затрат труда на единицу продукции является неисчерпаемым источником дальнейшего подъема всех отраслей социалистического сельского хозяйства.

Коллектив профессоров, преподавателей и аспирантов Украинской сельскохозяйственной академии своими научными исследованиями стремится помочь работникам производства успешно решать задачи, поставленные XX съездом КПСС и XIX съездом КП Украины.

В IX том научных трудов академии включены результаты законченных исследований по отдельным проблемам. Ряд статей этого тома знакомит с результатами научно-исследовательской работы по повышению урожайности озимой пшеницы, кукурузы, картофеля, гречихи, многолетних трав и других сельскохозяйственных культур. В сборник включены работы по изучению причин засоления почв в бассейне р. Трубеж и ботанико-производственная характеристика пойменных лугов р. Тетерев. Определенный интерес представляет освещение методов и результатов работы по селекции абрикоса и льна. Приведенные в данном томе статьи по вопросам лесного хозяйства и лесной мелиорации освещают важные задачи подъема лесоводства и пути его осуществления.

Исследования в области зоотехнической науки дали интересные результаты по кормлению сельскохозяйственных животных.

Важными являются результаты исследований специалистов инженерных факультетов академии по вопросам рулевого управления

универсальных тракторов, по использованию повышенных скоростей движения тракторов при посеве, по ремонту машин и другие.

В сборник включено несколько законченных работ, выполненных на кафедрах физики, математики, неорганической и органической химии.

Коллектив академии будет весьма признателен тем товарищам, которые выскажут критические замечания по публикуемым трудам и внесут предложения по улучшению научно-исследовательской работы и оказанию помощи сельскохозяйственному производству.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. А. ЗЕЛЕНСКИЙ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ЗА КОМПЛЕКСНОЕ ПРОВЕДЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Советских ученых в области сельского хозяйства глубоко интересует организация комплексных научных исследований по крупным актуальным проблемам теории и практики. Комплексная коллективная работа ученых разных областей знания способствует не только ускорению процесса познания, но и повышает объективную достоверность получаемых результатов. Такой подход к решению задач науки исключает элементы кустарщины и методического несовершенства. Особо следует подчеркнуть, что именно комплексные исследования помогают рождению новых смелых идей и методов, вносящих коренные изменения в наши знания и в производство.

В сельскохозяйственном производстве все отрасли хозяйства тесно связаны между собой. Трудно, а часто просто невозможно составить правильное представление о той или иной отрасли хозяйства путем изучения ее оторванно, изолированно от других отраслей хозяйства. Взять хотя бы важный в настоящее время вопрос производства кукурузы. Доведение площади посева кукурузы по УССР до 7 млн. гектаров влечет за собой большие изменения и в других отраслях сельского хозяйства. По иному распределяется земельная площадь между культурами, что вызывает необходимость дальнейшей работы над улучшением севооборотов. Возникает потребность пересмотра системы удобрения разных полевых и овощных растений. Увеличение площади посева кукурузы и повышение ее урожайности позволяет колхозам и совхозам полностью обеспечить животноводство высокоценными кормами. Рост животноводства увеличивает не только экономическую мощность колхозов и совхозов, но и оказывает огромное положительное влияние на полеводство в целом, поскольку в каждом хозяйстве увеличивается количество органических удобрений и становится возможным все больше вносить их на поля. Таким образом, уже из сказанного видно, насколько постоянна и прочна связь между разными отраслями в сельском хозяйстве.

Сельскохозяйственное производство имеет дело с организмами-растениями, животными и микроорганизмами. Познание законов жизни и развития органических форм — весьма сложный и трудный процесс. Разные стороны жизненного процесса могут быть правильно постигнуты с помощью разных разделов биологической науки, причем каждый из них применяет свои специфические методы исследования. Приведем такой пример. Для создания самой ценной и высокоурожайной категории

гибридных семян кукурузы необходимо искусственно изменить процесс цветения и опыления растений. Квалифицированное вмешательство в процесс цветения означает рациональный подбор исходного материала в виде сорта, наиболее удобное размещение растений в поле во время посева их, своевременное проведение искусственной изоляции или кастрации цветков, нанесение пыльцы на цветки, глубокое знание законов изменчивости основных биологических особенностей потомства растений от само- и перекрестного опыления и мн. др. Проявление множества биологических и физиологических явлений в одном процессе создания гибридных семян свидетельствует о наличии прочной связи и взаимообусловленности между жизненными процессами растений. И в этом случае мы встречаемся с соединением разных разделов знания и разных методов воздействия на исследуемый объект при решении одной задачи.

С большой и неоспоримой очевидностью связь между процессами и явлениями обнаруживается в производственных операциях, выполняемых в сельском хозяйстве. Любая производственная операция, выполняемая в полеводстве, овощеводстве, садоводстве, лесоводстве, животноводстве и других отраслях, связана прямым или косвенным образом, в большой или незначительной степени, но обязательно связана с множественностью вызываемых последствий. Это можно иллюстрировать хотя бы таким примером. Для получения высокого урожая кукурузы очень важное значение имеет глубокая осенняя вспашка почвы, внесение органических и минеральных удобрений и накопление влаги в почве. Органические удобрения лучше всего внести осенью и осенью же запахать. Выполнение этих операций решительно изменяет весь цикл весенних работ на поле, отведенном под эту культуру.

Отмеченная связь между отраслями сельского хозяйства, между разными производственными процессами и между разными сторонами жизненных отправлений органических форм должна учитываться при планировании и проведении научных исследований по сельскому хозяйству.

Между тем разобщенность в научном решении вопросов сельскохозяйственной тематики приняла огромные размеры. Это проявляется в том, что представители разных, подчас смежных, наук недостаточно осведомлены о том, что делается в родственной области знания. Нередко представители одного раздела сельскохозяйственной науки пытаются односторонними методами решить научно-исследовательскую проблему, которая по самой своей природе требует участия коллектива ученых, представляющих смежные разделы науки.

Существуют разные суждения о сущности комплексного подхода к научным исследованиям. Так, например, комплексным признается исследование, проводимое группой ученых одной и той же специальности по одинаковой методике, но в разных естественно-исторических или климатических условиях. Сюда можно отнести научные исследования по испытанию новых сортов сельскохозяйственных культур в разных районах страны, испытание новых или модернизированных машин на разных типах рельефа местности или на разных почвах, действие комплекса ядов против вредных насекомых и др.

Обобщение данных, накапливаемых в такого рода комплексных исследованиях, обычно дает основание для твердых окончательных заключений.

В последние годы многие учебные и научно-исследовательские учреждения, начавшие опыты по кукурузе, проводили в своих районах научно-исследовательскую работу по испытанию завезенных сортов и форм

кукурузы и выделяли наиболее перспективные образцы для использования в качестве исходного материала для селекции, выясняли наиболее приемлемые сроки посева в зависимости от почвенных и климатических условий, устанавливали действие различных норм и способов внесения удобрений и многие другие вопросы. В результате накоплен ценный материал, при помощи которого решены основные правила возделывания этого растения в разных районах. Указанное комплексное исследование является надежным и верным способом исследования.

На наш взгляд наиболее правильным является такой метод организации труда научного коллектива, при котором к решению научно-производственной проблемы одновременно привлекаются специалисты разных профилей. В совершенстве владея методами исследования, подмечая все детали, ученые при таком объединении своих сил намного увеличивают результативность работы.

Коллективный подход к решению научных задач имеет принципиально важные отличительные черты. Он оправдывает себя на протяжении всей истории развития науки. Все сколько-нибудь крупные открытия совершены или в итоге коллективной работы, или были подготовлены трудом коллектива ученых на протяжении многих лет. Комплексное решение научно-производственных задач повышает творческую силу коллективной мысли.

Успех комплексной научной работы с участием коллектива специалистов разных профилей зависит от ряда причин. Необходимо, прежде всего, исключить стремление участников комплексного исследования превратить свою часть исследования в самоцель. К сожалению, часто бывает так, что тот или другой ученый, включившись в разработку комплексной темы, видит свою задачу в накоплении материала, в котором он нуждается как специалист своей отрасли знания для доказательства своей теории. В результате такого понимания задачи исследователь в процессе коллективной работы накапливает материал, который оказывается ненужным при составлении коллективного заключения.

Таким пороком страдают многие ученые и Украинской сельскохозяйственной академии. Приведем такой пример: в решение задачи по разработке приемов повышения урожайности кукурузы на Полесье и в Лесостепной зоне Украины включился, как мы упоминали, ряд кафедр академии. Однако каждая из них стремилась решить задачу исключительно своими методами, изолируясь от работы в том же направлении представителей других наук. Когда осенью кафедрами были представлены отчеты о работе, то выяснилось, что все отрасли агрономической науки изолированно одна от другой дают рекомендации, обеспечивающие якобы заметное увеличение урожайности. Так, например, кафедра земледелия на основании своих опытов утверждает, что применением безотвальной вспашки на глубину 30 *см* ей удалось увеличить урожайность кукурузы в початках на 19,6% (получить 54,1 *ц/га* против 45,66 *ц/га* при обычной вспашке); кафедра растениеводства получила данные, что при совместном посеве кукурузы и фасоли удается снять урожай кукурузы в 47,3 *ц/га* и урожай фасоли — 10,5 *ц/га*. Кафедра физиологии растений и микробиологии на основании своих данных показывает, что применением бактериальных удобрений в виде азотобактерина и фосфоробактерина удается повысить урожайность початков кукурузы на 19,1% (67,6 *ц/га* против 56,7 *ц/га* на контроле). Примерно такие же прибавки урожая получены отдельно и в опытах по удобрению, орошению, увеличению количества механизированных обработок междурядий и т. д. Если сум-

мировать все эти прибавки урожая, то теоретически получается, что выход продукции с каждого гектара может удвоиться и даже утроиться. Между тем, проверка показывает, что в действительности этого не происходит. Увеличение урожайности происходит только в результате совокупного действия всех этих приемов на фоне новой комплексной агротехники.

Следовательно, в описываемом случае подлинного комплексирования научных исследований не было. Это и есть серьезный недостаток в практике научных исследований.

Очевидно, наиболее верным средством устранения этого порока является неуклонная ориентация всех участников исследования на разрешение главной задачи, поставленной перед учеными. Это означает, что при комплексном исследовании работа каждого участника должна носить строго целеустремленный характер и подчиняться стремлению достигнуть положительного решения задачи комплексом средств, которым и располагает агрономическая наука. Сказанное вовсе не означает, что добываемый в процессе исследования экспериментальный материал нужно анализировать и осмысливать в одном плане. Напротив, добытые факты и наблюдения, если они представляют ценность, необходимо использовать и для развития фактической основы той или иной науки или ее раздела, а также обогащения методов.

До сих пор исследования по комплексным темам проводились разными кафедрами на разном экспериментальном материале, например, на разных посевах и земельных участках. Каждый раздел комплексной темы выполнялся на специально создаваемых опытных делянках. Нет спору, в отдельных случаях необходимо тот или иной раздел комплексной темы выполнять изолированно. Например, при изучении устойчивости разных сортов к болезням в условиях искусственного заражения опыты нужно проводить на изолированных площадях. Однако считать такой порядок обязательным для всех исследований будет неправильно. Разобщение материальной базы опыта приводит к разобщению в осмысливании результатов исследования и обесценивает выводы. Поэтому нужно стремиться исследования по комплексным темам выполнять по возможности на одной и той же базе.

Решающим условием неуклонного движения по пути комплексного исследования научно-производственных проблем является, по нашему глубокому убеждению, конкретная постановка задачи исследования. Ясно поставленная цель научной работы является главным моментом в создании базы и разработке методики исследования. При этом во всех случаях необходимо установить определенные цифровые показатели, например, увеличение урожая, срока созревания, химического состава получаемой продукции, особенностей ее внешнего вида и т. д. При таком подходе к делу каждая отрасль агрономической науки будет видеть свою задачу в разработке комплекса приемов, обеспечивающих достижение поставленной задачи. Другими словами, при конкретизации научных заданий по проблемам сельскохозяйственного производства каждая отрасль агрономической науки должна стремиться дать научное обоснование методов достижения поставленной задачи.

Ликвидация разобщенности в научно-исследовательской работе по проблемам сельского хозяйства явится важнейшим шагом по пути увеличения роли нашей науки в решении огромных задач, поставленных XX съездом Коммунистической партии Советского Союза перед работниками сельского хозяйства и сельскохозяйственной науки.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Т. Т. ДЕМИДЕНКО,
член-корреспондент АН УССР

М. А. БЕЛОНОЖКО,
доцент

А. Ф. СОРОЧЕНКОВ,
ассистент

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕСЬЕ УССР

Важнейшим средством увеличения производства зерна, помимо освоения целинных и залежных земель и дальнейшего расширения посевных площадей под кукурузой, является всемерное повышение урожайности зерновых культур, особенно ценнейшей из них — пшеницы во всех районах ее возделывания, в т. ч. в Полесье. Полесские районы имеют все возможности давать значительно больше хлеба, чем дают теперь. Опытами передовых колхозов Полесья установлено, что озимая пшеница, которую ранее считали непригодной для выращивания на бедных песчаных почвах, может давать здесь высокие урожаи.

Колхоз «Большевик», Шосткинского района, Сумской области, на дерново-среднеподзолистых супесчаных почвах в 1952 г. собрал с каждого из 256 *га* по 18 *ц* озимой пшеницы, а на массиве в 135 *га* — по 21,5 *ц/га*.

Как говорит председатель этой артели депутат Верховного Совета СССР К. Е. Цыбенко, озимая пшеница на землях колхоза дает выше урожаи, нежели озимая рожь. Расширение посевов пшеницы до 500 *га* значительно увеличило валовый сбор зерна, укрепило экономику колхоза и улучшило благосостояние колхозников.

В другом полесском колхозе имени Хрущева, Броварского района, Киевской области, собрали по 22 *ц/га* на площади 467 *га*, а полеводческая бригада т. Бабича на 55 *га* вырастила по 26,7 *ц/га* озимой пшеницы.

Колхоз имени Кирова, Вербского района, Ровенской области, начал сеять озимую пшеницу только в 1953 г. Почвы здесь песчаные, однако со всей площади в 230 *га* было собрано в среднем по 16 *ц/га*. Бригада т. Гаврилюка в этом колхозе вырастила по 26 *ц/га* озимой пшеницы.

Таких примеров можно привести очень много. При этом во всех случаях озимая пшеница дает выше урожаи, чем озимая рожь. Так, в целом по Дымерскому району, Киевской области, урожай озимой пшеницы был на 3,3 *ц/га* больше, чем озимой ржи. Все это свидетельствует о том, что озимая пшеница является весьма перспективной культурой на Полесье и поэтому необходимо уделить больше внимания ее возделыванию.

Озимая пшеница является весьма требовательной культурой к почве. Она дает высокие урожаи на структурных плодородных почвах с нейтральной или слабокислой реакцией, обеспеченных достаточным количеством питательных веществ. Однако при применении полного комплекса агротехнических мероприятий можно создать такие условия, при которых пшеница будет давать высокие урожаи и на тех почвах, где она раньше росла плохо.

Основными из таких мероприятий являются:

1. Введение и освоение правильных севооборотов.
2. Внесение органических и минеральных удобрений с широким использованием торфокомпостов.
3. Внедрение люпинизации и травосеяния.
4. Правильная обработка почвы с постепенным углублением пахотного слоя.
5. Широкое применение узкорядного, перекрестного и перекрестно-диагонального способа посева.
6. Посев только отборными сортовыми семенами.
7. Известкование кислых почв.

С введением правильных севооборотов под озимую пшеницу необходимо отводить поля после наилучших предшественников.

Как показывают исследования и производственный опыт, такими предшественниками на Полесье являются многолетние травы и люпиновый пар.

В указанном выше колхозе «Большевик», Шосткинского района, Сумской области, наивысший урожай — 25,1 *ц/га* дала озимая пшеница, посеянная по кормовому люпину.

Колхоз имени Хрущева, Броварского района, Киевской области, размещает озимую пшеницу в 9-польном севообороте с таким чередованием культур: пар люпиновый, озимь с подсевом трав, травы, озимь с пожнивным люпином, картофель, бобовые и крупяные, озимь с подсевом трав, травы, яровые и озимые. Колхоз полностью освоил агротехнику выращивания люпина в пару и пожнивного, который запахивался под картофель.

В пару люпин здесь сеяли в конце апреля. Когда он был в фазе блестящих бобиков, его запахали на глубину 20—22 *см*. После запашки пар обрабатывали дисковыми лущильниками, что создавало благоприятные условия для разложения органической массы люпина. Пшеницу посеяли перекрестным способом, заделывая семена на глубину 5—6 *см*. Под влиянием разложения органического вещества в почве накоплялось много нитратного азота, что благоприятствовало быстрому росту пшеницы.

Для повышения энергии кущения пшеницы под культивацию внесли по 2 *ц/га* суперфосфата. В половине марта посевы по тало-мерзлой почве подкормили суперфосфатом из расчета 1,5 *ц/га* и калийной солью — 86 *кг/га*. После этого пшеницу проборонoвали в два следа. Растения развивались довольно хорошо и, несмотря на то, что летом стояла сухая и жаркая погода, урожай на площади 53 *га*, где предшественником был люпиновый пар, достиг 26 *ц/га*.

В колхозах Дымерского района пшеницу высевали после разных предшественников. Результаты были таковы: в колхозе имени Ленина, где пшеница шла по травам, урожай колебался от 15,7 до 23,5 *ц/га*, в колхозе имени Сталина по люпиновому пару — 14 *ц/га*, в колхозе имени Кирова по чистому унавоженому пару — 14 *ц/га*, а в колхозе имени Шевченко по вико-овсяной смеси получили только по 8 *ц/га* озимой пшеницы.

Влияние предшественников на урожай озимой пшеницы на легких оподзоленных супесчаных почвах изучался на опытном поле Киевского сельскохозяйственного института (теперь Украинской сельскохозяйственной академии). Трехлетние опыты дали такие результаты (табл. 1).

Как видно из таблицы, озимая пшеница по пласту двухлетнего пользования травами дала высокий урожай зерна и соломы с наибольшим содержанием белка в зерне. Отношение между весом зерна и соломы очень

близко к единице, что свидетельствует о наличии благоприятных условий при формировании зерна.

Таблица 1

Влияние предшественников на урожай озимой пшеницы и его качество

Предшественники	Урожай пшеницы (в *ц/га*)			Вес 1000 зерен (в *г*)	% белка	% крахмала
	зерна	соломы	всего			
Пар занятый (вико-овес) . .	28,4	41,6	70,0	36,7	14,84	61,34
Травы одного года пользования	27,1	39,9	67,0	37,9	15,25	60,38
Клевер без покрова	29,1	38,3	67,4	38,2	15,36	60,25
Травы двухлетнего пользования	30,0	34,0	64,0	38,6	15,82	60,36

Таким образом, и производственный опыт и данные исследований подтверждают, что в условиях Полесья наилучшими предшественниками озимой пшеницы являются люпин и травы, при условии, конечно, их высокого урожая.

Важной биологической особенностью озимой пшеницы является ее стойкость к низким температурам. Это достигается накоплением значительного количества моно- и дисахаров, гидрофильных коллоидов и связанной воды как защитных средств против потери воды плазмой под действием низких температур во время перезимовки. Осенью в листьях озимой пшеницы накопляются растворимые углеводы, вследствие чего повышается осмотическое давление клеточного сока, который препятствует отдаче воды за пределы физиологического минимума.

Другим фактором процесса закалки озимых пшениц является повышение количества связанной воды и снижение процента свободной воды. Переход свободной воды в связанную объясняется повышением дисперсности коллоидов протоплазмы. При высокой степени дисперсности увеличивается адсорбирующая поверхность и количество воды, которая является составной частью мицелл гидрофильных коллоидов.

В учебно-опытном хозяйстве «Теремки» Украинской с.-х. академии были проведены полевые опыты, в которых изучалось накопление гидрофильных коллоидов, обеспечивающих защитные свойства против вымерзания, у озимой пшеницы в разные фазы ее развития в зависимости от удобрений. Данные этих опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Накопление гидрофильных коллоидов в листьях озимой пшеницы в зависимости от удобрений

Варианты опыта	Количество коллоидов в листьях озимой пшеницы в абсолютно сухом веществе (в %)			
	осеннее кущение	перед уходом в зиму	выход в трубку	колошение
Контроль (без удобрений)	4,325	6,785	7,385	5,238
$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,316	7,641	8,437	7,426
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + известь	5,127	7,283	8,394	7,125
Навоз + $N_{30}P_{30}K_{30}$	4,718	6,812	7,792	7,216
Навоз	5,114	5,264	7,490	7,104

Как видно из таблицы, содержание гидрофильных коллоидов в период осеннего кущения было значительно меньше, чем перед уходом растений в зиму, что свидетельствует о значении коллоидов как фактора

подготовки растений к перезимовке. У пшеницы по полному минеральному удобрению с известью и без нее гидрофильных коллоидов оказалось больше, чем при внесении навоза или смешанного органо-минерального удобрения.

Приведенные выше данные показывают, что озимая пшеница лучше переносит морозы, если понижение температуры происходит постепенно, и обычно гибнет, когда большие морозы наступают быстро, сразу после теплых дней.

Вероятно морозостойкость озимой пшеницы повышается в течение осени постепенно в связи с понижением температуры.

Следует заметить, что стойкость озимой пшеницы к низким температурам в значительной степени зависит от агротехники ее выращивания, в частности от внесения органических и минеральных удобрений.

Эта зависимость изучалась в опытах, проведенных в учебно-опытном хозяйстве «Теремки» в 1951—1952 гг., когда неблагоприятные условия перезимовки — большие морозы и незначительный снеговой покров — способствовали гибели части растений. Наблюдения за перезимовкой растений проводились два раза — перед уходом в зиму и рано весной на площадках в 1 $м^2$ (при трехкратной повторности).

Таблица 3

Влияние органических и минеральных удобрений на зимостойкость озимой пшеницы

Варианты опыта	Количество растений на 1 $м^2$		
	осенью	весной	процент погибших растений
Контроль (без удобрений)	423	369	12,8
$N_{30}P_{30}K_{30}$	426	386	9,4
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + известь	418	372	11,0
Навоз	420	315	25,0
Навоз + $N_{30}P_{30}K_{30}$	427	325	23,9

Таким образом, меньше всего растений погибло на делянках, где вносилось полное минеральное удобрение. Положительно влияло на зимовку и внесение полного минерального удобрения с известью. На делянках, где вносился навоз, а также органо-минеральные удобрения, процент погибших растений был вдвое больший, чем на контрольных делянках без удобрений.

Понижение зимостойкости озимой пшеницы при внесении навоза и органо-минеральных удобрений объясняется тем, что повышение дозы азота, который образуется в процессе минерализации органических форм, способствуют синтезу белков, а это в свою очередь вызывает понижение процента растворимых углеводов, которые идут на образование аминокислот. Уменьшение же сахаров в листьях снижает стойкость растения к низким температурам.

Зимостойкость озимой пшеницы повышается при высеве ее по черным парам с внесением фосфорных и калийных удобрений.

В значительной степени влияют на перезимовку озимой пшеницы и сроки посева. При более раннем посеве пшеница может раньше пройти стадию яровизации и зимой пострадать от морозов, а при высеве в более поздние сроки не успевает раскуститься и достаточно развить корневую систему, что также снижает ее зимостойкость.

Обязательным условием получения высоких урожаев озимой пшеницы на бедных питательными веществами полесских почвах является

внесение достаточного количества органических и минеральных удобрений. Озимая пшеница поглощает из почвы значительное количество азота, фосфора и калия. По данным кафедры растениеводства Украинской сельскохозяйственной академии, поступление основных элементов корневого питания в пшеницу в течение вегетационного периода происходит неравномерно (табл. 4).

Таблица 4

Динамика поступления питательных веществ в озимую пшеницу в течение периода вегетации

(в процентах от максимума)

Фазы роста	N	P_2O_5	K_2O
Осеннее кущение (перед уходом растений в зиму)	24,6	10,4	20,5
Выход в трубку	51,7	33,4	47,8
Начало колошения	68,4	61,5	70,5
Конец колошения	77,8	70,4	91,4
Цветение	82,4	98,6	100,0
Начало созревания	92,6	100,0	96,4
Полное созревание	100,0	96,4	92,8

Таким образом, озимая пшеница осенью поглощает значительное количество азота, фосфора и калия. До фазы выхода в трубку растения успевают использовать почти половину азота и калия. В данном опыте пшеница полностью запаслась калием до фазы цветения, фосфором—до наступления молочной спелости, а азот поглощала до конца вегетации. Количество калия и фосфора в растениях снижалось в период созревания в результате опадения листьев и выщелачивания электролитов дождями.

Соответственно особенностям питания озимой пшеницы необходимо разработать систему удобрения в севообороте. В учебно-опытном хозяйстве УСХА «Теремки» проводились опыты по изучению влияния органических и минеральных удобрений на урожай озимой пшеницы, которая высевалась в 8-польном севообороте с таким чередованием культур: 1) пар занятый (овсяно-виковая смесь), 2) озимая рожь, 3) картофель, 4) ячмень+травы, 5) травы первого года пользования, 6) травы второго года пользования, 7) озимая пшеница, 8) овес. Почва — темно-серый оподзоленный легкий суглинок. В результате опытов установлено, что полное минеральное удобрение, внесенное в количестве $N_{30}P_{30}K_{30}$, повысило урожай озимой пшеницы, которая шла по пласту трав второго года пользования, на 4,1 *ц/га* при урожае на контроле 22,1 *ц/га*. Одновременно было установлено, что минеральные и органо-минеральные удобрения влияют не только на урожай, но и на его качество, отражаясь на содержании белка в зерне (табл. 5).

Таблица 5

Влияние удобрений на содержание белка и крахмала в зерне пшеницы

(в процентах на абсолютно сухое вещество)

Варианты опыта	Белок	Крахмал
Контроль (без удобрени)	15,58	63,72
$N_{30}P_{30}K_{30}$	16,24	64,27
$N_{30}P_{30}K_{30}$ + известь	16,32	64,42
Навоз + $N_{30}P_{30}K_{30}$	16,36	62,78
Навоз	16,16	62,54

Эти данные показывают, что минеральные удобрения, внесенные по пласту, значительно повышают накопление белка и крахмала в зерне, причем эффективность их несколько увеличивается при внесении извести.

Навоз, внесенный одновременно с минеральными удобрениями, улучшает качество зерна, снижая крахмальность и увеличивая количество белка.

Большой эффект на полесских почвах дает применение гранулированных удобрений при внесении их в рядки одновременно с высевом семян. Это подтверждается опытами Коростенского опытного поля (табл. 6).

Таблица 6

Влияние гранулированных удобрений на урожай озимой пшеницы

Схема опыта	Урожай зерна (в *ц/га*)			
	1951 г.	1952 г.	средний за 2 года	прирост урожая (в *ц/га*)
Контроль (без удобрений)	16,5	13,6	15,0	—
P_2O_5 10 *кг/га* в рядки	17,5	14,9	16,2	1,2
P_2O_5 20 *кг/га* в рядки	21,7	14,7	18,2	3,2
P_2O_5 30 *кг/га* в рядки	22,3	15,5	18,9	3,9

Наиболее эффективным в данном опыте оказалось внесение 30 *кг/га* P_2O_5 в виде гранулированного суперфосфата.

Как показывают опыты, гранулированные удобрения, внесенные вразброс или в рядки во время посева, используются растениями озимой пшеницы в 2—3 раза лучше, чем обыкновенные порошковидные.

Следует указать еще на такой прием повышения плодородия песчаных почв, как внесение глины. Опытами Полесской научно-исследовательской опытной станции установлено, что при внесении 40 *т/га* глины под плуг значительно повышается урожай зерновых культур. При этом повышается и эффективность органо-минеральных удобрений.

Исследованиями многих научных работников установлено, что для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо вносить в почву не только достаточное количество основных элементов питания (N, P, K), но и обеспечить растения так называемыми микроэлементами — бором, марганцем, медью и др.

Известно, например, что в присутствии некоторых микроэлементов более продуктивно протекает использование растениями основных питательных веществ почвы, уменьшается транспирация растений, повышается их морозостойкость и засухоустойчивость и, наконец, значительно улучшается качество урожая. Вот почему в последние годы внесение микроудобрений под разные растения приобретает все большее значение в сельскохозяйтсвенном производстве.

Занимаясь изучением вопросов корневого питания озимой пшеницы в условиях Полесья Украины, кафедра растениеводства Украинской сельскохозяйственной академии провела ряд опытов в учебно-опытном хозяйстве УСХА «Теремки» по изучению эффективности удобрения этой важнейшей культуры микроэлементами, в том числе и марганцем.

Академик Власюк доказал, что марганец регулирует окислительно-восстановительные процессы в растении, в значительной мере активизирует ферменты — пероксидазу и каталазу, повышает количество хлорофилла в листьях, а также благоприятно влияет на продуктивность

использования азота, фосфора и калия на единицу сухого вещества. Таким образом, марганцу принадлежит важная роль в жизни растения.

В наших опытах озимая пшеница (сорт Лютесценс 17) выращивалась по пласту высокоурожайных многолетних трав на темно-сером оподзоленном суглинке. Марганец вносился в почву в виде сернокислой соли. Как и основные минеральные удобрения, сернокислый марганец вносился под предпосевную культивацию. Результаты опыта представлены в таблице 7.

Таблица 7

Влияние марганца на урожай озимой пшеницы

Схема опыта	Урожай зерна (в *ц/га*)	Прибавка урожая (в *ц/га*)
Контроль (без удобрений)	29,3	—
$N_{15}P_{15}K_{15}$	33,7	4,4
Сернокислый марганец 15 *кг/га* . . .	31,0	1,7
$N_{15}P_{15}K_{15}$ + сернокислый марганец (15 *кг/га*)	37,0	7,7

Как показывают данные таблицы, значительная эффективность марганца в условиях данного опыта наблюдается при внесении его с небольшими дозами минеральных удобрений, а самый высокий урожай озимой пшеницы (37 *ц/га*) получен, главным образом за счет более продуктивного использования основных элементов питания, внесенных совместно с марганцем.

ВЫВОДЫ

Полесье Украинской ССР может стать районом выращивания высоких и устойчивых урожаев наиболее ценной продовольственной культуры — озимой пшеницы. Для этого нужно в ближайшее время осуществить следующие мероприятия:

1. Ввести систему севооборотов с посевом люпина, сераделлы и многолетних трав.

2. Вносить органические и минеральные удобрения, включая и марганцевые, а также широко использовать люпин на зеленое удобрение.

3. Внедрить известкование кислых почв.

4. Углублять пахотный слой с одновременным внесением удобрений и запашкой сидератов.

5. Размещать озимую пшеницу в севооборотах после лучших предшественников — по всем видам паров, особенно люпиновых, а также по пласту высокоурожайных многолетних трав.

6. Проводить посев высококачественными семенами лучших сортов, в оптимальные агротехнические сроки, узкорядным, перекрестным или диагонально-перекрестным способами, применяя осеннюю подкормку посевов фосфорными и калийными удобрениями для повышения морозостойкости пшеницы, а также вносить местные и минеральные удобрения по таломерзлой почве перед весенним боронованием.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. Г. МИХАЛОВСКИЙ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Т. Д. МЕЛЬНИК

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН РАСТВОРОМ МЕДНОГО КУПОРОСА НА РАЗВИТИЕ И СОЗРЕВАНИЕ КУКУРУЗЫ

Физиологическая роль меди, как и других микроэлементов, в жизни растений выяснена достаточно. Под влиянием меди усиливаются окислительные процессы и дыхание растений, повышается жизнедеятельность листа, его фотосинтез. Под влиянием введенной в организм меди растение становится физиологически более молодым и, следовательно, более стойким, выносливым.

По данным М. М. Окунцова и М. Н. Силевой медь увеличивает засухоустойчивость и повышает холодостойкость растений (М. М. Окунцов и М. Н. Силева, 1938 и 1950).

Кукуруза очень отзывчива к недостатку тепла и света. При выращивании ее в более северных районах необходимо учитывать биологические особенности этой культуры.

В нашей работе мы изучали вопросы ускорения развития и повышения холодостойкости кукурузы путем предпосевной обработки семян раствором медного купороса. Опыты проводились в учебно-опытном хозяйстве «Теремки» Украинской сельскохозяйственной академии. Сорт кукурузы — Харьковская 23. Для предпосевной обработки семена намачивались в растворе медного купороса 0,008 и 0,016-процентной концентрации в течение 24 часов. На 100 *кг* семян брали 35 *л* раствора. После замачивания семена кукурузы просушивали и высевали в почву квадратно-гнездовым способом. После прорывки в каждом гнезде оставлено по два растения. Площадь питания 60 × 60 *см*. Посев производили 20.IV.1956 г. Размер учетной делянки — 100 *кв. м*, повторность трехкратная. Предшественник — озимая пшеница.

Почва опытного участка дерново-подзолистая.

Полевой опыт проведен по следующей схеме:

1 — Сухие семена (контроль);

2 — Семена, намоченные в воде;

3 — Семена, намоченные в растворе медного купороса 0,008-процентной концентрации;

4 — Семена, намоченные в растворе медного купороса 0,016-процентной концентрации.

В полевых условиях проведено наблюдение за всхожестью и энергией прорастания семян. В таблице 1 приведены результаты наблюдений.

Таблица 1

Всхожесть семян кукурузы

(в % от общего количества лунок на делянке)

Варианты опыта	11.V	15.V	17.V	19.V	23.V	31.V
Сухие семена	0	22	30	70	98	98
Семена, намоченные в воде	3	36	39	76	99	99
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	11	41	60	88	97	99
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	11	41	59	86	95	98

Предпосевная обработка семян медным купоросом значительно повысила полевую всхожесть семян, хотя полнота всходов на всех вариантах была почти одинаковая, о чем свидетельствуют подсчеты всходов 23 и 31.V. Низкая температура почвы при раннем сроке посева задержала прорастание семян и появление сходов на контрольном участке.

Предпосевная обработка семян повысила холодостойкость, что позволяет производить сев кукурузы в более ранние сроки и ускорить ее созревание. Для определения размера прироста надземной массы были взяты средние пробы растений 4.VI и 28.VI в фазе образования 4—5 и 13—14 листьев и произведено взвешивание сырой надземной массы.

Таблица 2

Вес 25 растений кукурузы (*в г*)

Варианты опыта	Даты взятия проб			
	4.VI		28.VI	
	вес (в *г*)	в % к контролю	вес (в *г*)	в % к контролю
Сухие семена	29,5	100	2292	100
Семена, намоченные в воде	44	149	2787	121,6
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	50,5	170,5	3325	145

Предпосевная обработка семян медным купоросом усиливает ростовые процессы. Обработка семян сказалась на сроках заложения репродуктивных органов, динамике роста стеблей, ускорении дозревания, урожая кукурузы. В таблице 3 и рисунке 1 показаны рост и дифференциация метелки.

Таблица 3

Рост метелки

(в *мм*)

Варианты опыта	Сроки наблюдений			
	12.VI 7—8 листьев	20.VI 9—10 листьев	4.VII 13 листьев	14.VII 14—15 листьев
Сухие семена	1,1	2,1	180	236
Семена, намоченные в воде	1	2,2	182	240
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	1,6	2,4	190	251
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	1	2,6	187	250

Начало дифференциаций метелки у кукурузы сорта Харьковская 23 отмечено в период образования 7—8 листьев. Наиболее интенсивный рост и дифференциация наблюдались у растений, обработанных медным купоросом, хотя в конечном результате количество метелок и початков у растений по всем вариантам опыта было почти одинаковое.

В таблице 4 представлены результаты наблюдений за развитием метелок и початков по вариантам опыта.

Учитывая то, что медь, введенная в растительный организм, повышает его холодостойкость, мы определили вязкость протоплазмы в листьях кукурузы, поскольку известно, что вязкость протоплазмы находится в коррелятивном соотношении с холодостойкостью (табл. 5).

Как видим, вязкость протоплазмы листьев кукурузы у растений, обработанных купоросом, повышается в период интенсивного развития вегетативных органов в фазе 13—14 листьев. В фазе цветения вязкость у этих растений сильно падает, а у контрольных растений она несколько выше. Резкое снижение вязкости протоплазмы в период формирования репродуктивных органов обусловливается интенсивностью ростовых процессов, обмена веществ, формированием цветков (Генкель П. А., Марголина К. П.). Высокая вязкость протоплазмы в ранних фазах развития у растений, обработанных медью, свидетельствует об их повышенной холодостойкости, что выявилось в период весеннего похолодания.

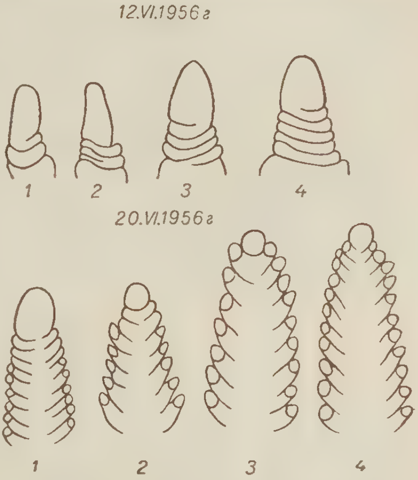


Рис. 1. Рост и дифференциация метелки кукурузы:

1 — контроль; *2*—семена, намоченные в воде; *3*—семена, намоченные в растворе $CuCO_4$ — 0,008%; *4*—семена, намоченные в растворе $CuCO_4$—0,016%.

Таблица 4

Динамика развития метелок и початков

(в % от общего числа растений)

Варианты опыта	Развитие метелок					Развитие початков				
	6.VII	14.VII	23.VII	1.VIII	10.VIII	12.VII	23.VII	1.VIII	10.VIII	15.VIII
Сухие семена . .	1,6	28	67,4	78	100	4,0	20,2	78	92	99
Семена, намоченные в воде . . .	3,2	31	87,4	96	100	7,3	32,4	81,1	99	100
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	4,7	39,4	88	98	100	9	33	84	100	100
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	5,2	39	77	96	100	7,5	33	82	98	100

Интенсивность развития генеративных органов сказалась на ускорении созревания кукурузы. В таблице 6 приведены результаты наблюдений

за созреванием кукурузы. Созревание початков по вариантам опыта проходило неравномерно.

Таблица 5

Вязкость протоплазмы в листьях кукурузы
(в секундах)

Варианты опыта	4.VI 4—6 листьев	28.VI 13 листьев	20.VII метелок выметывание
Сухие семена	26	86	81
Семена, намоченные в воде	30,6	92	73
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	30,8	98	69
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	33	—	62

Таблица 6

Созревание кукурузы
(в % от всего количества початков)

Варианты опыта	27.VIII		1.IX		7.IX		22.IX		4.X	
	налив зерна	молочная спелость	налив зерна	молочная спелость	молочная спелость	молочно-восковая спелость	молочно-восковая спелость	восковая спелость	молочно-восковая спелость	полная спелость
Сухие семена	25	75	4,5	95,5	13	87	49	51	6	94
Семена, намоченные в воде	21	79	12	88	12	88	51	49	8,2	91,8
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	13	87	3,5	96,5	12	88	48	52	1	99
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	7,4	92,6	—	100	6	94	44	56	1	99

На контрольных участках на 27.VIII растений с початками в молочно-восковой спелости зерна было около 75%; на делянках с предпосевной обработкой семян число початков с молочно-восковой спелостью зерна составляло около 92,6%. Созревание початков на контрольных участках, как видим, отставало в сравнении с растениями кукурузы на опытном участке. В момент уборки кукурузы был произведен окончательный подсчет початков. На контроле оказалось растений с початками в полной спелости 94%, в молочно-восковой спелости — 6%; на опытных же делянках почти все початки достигли полной спелости.

В период уборки кукурузы была определена влажность полноценных початков на всех вариантах опыта (табл. 7).

Из приведенных в таблице 7 данных видно, что влажность зерна и стержней на контрольных делянках была в среднем на 3% выше опытных растений. Этот показатель свидетельствует об ускорении созревания кукурузы под влиянием обработки семян раствором медного купороса.

Предпосевная обработка семян несколько усилила развитие початков. В течение вегетации было проведено наблюдение за динамикой роста стеблей кукурузы (табл. 8).

Таблица 7

Влажность зерна, стержней, размеры початков и всхожесть свежеубранных семян кукурузы

Варианты опыта	Влажность зерна (в %)	Влажность стержня (в %)	Всхожесть семян (в %)	Длина среднего початка (в *см*)	Толщина среднего початка (в *см*)
Сухие семена	36	66	99	19	4,2
Семена, намоченные в воде	34	64	99	18,2	4,4
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	33	62	100	20	4,5
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	33	62,7	99	20	4,5

Таблица 8

Динамика роста стеблей
(в *см*)

Варианты опыта	11.VI	20.VI	1.VII	14.VII	2.VIII	28.VIII
Сухие семена	30	70	85	146	177	198
Семена, намоченные в воде	34	77	99,7	161	194	211
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	45	90	103	166	195	220
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	45,8	94	111	177,7	196	219

Предпосевная обработка семян раствором медного купороса значительно ускоряет рост стеблей в высоту, что благоприятно сказалось и на общем развитии растений.

Данные по учету урожая кукурузы еще с большей убедительностью подтверждают эффективность предпосевной обработки семян раствором медного купороса (табл. 9).

Таблица 9

Влияние предпосевной обработки семян раствором медного купороса на величину и качество урожая кукурузы

Варианты опыта	Урожай (в *ц/га*)		Прибавка урожая (в *ц/га*)		Вес 1000 зерен (*г*)
	зерна в початках	стеблей	зерна в початках	стеблей	
Сухие семена	89,3	87,63	—	—	294,2
Семена, намоченные в воде	87,86	85,1	— 1,44	—2,53	308,1
Семена, намоченные в 0,008-процентном растворе медного купороса	95,76	89,91	+ 6,46	+2,28	307,6
Семена, намоченные в 0,016-процентном растворе медного купороса	101,95	94,33	+12,65	+6,7	318,9

Из приведенных данных видно, что наиболее высокий урожай зерна кукурузы в початках и урожай стеблей оказался на делянках с предпосевной обработкой семян 0,016-процентным раствором медного купороса. Средняя прибавка урожая зерна в початках составляет около 12,65 *ц/га* и 6,7 *ц/га* стеблей. Вес 1000 зерен также характеризует положительное влияние обработки семян медным купоросом.

ВЫВОДЫ

1. Предпосевная обработка семян кукурузы раствором медного купороса оказывает положительное влияние на рост и развитие кукурузы и повышает ее урожайность.

2. Предпосевная обработка семян кукурузы раствором медного купороса повышает их холодостойкость, что дает возможность производить посев в более ранние сроки.

3. Предпосевная обработка семян раствором медного купороса является простым, доступным приемом, заслуживающим широкого испытания и применения в производстве.

4. При внедрении в производство предпосевной обработки семян кукурузы медным купоросом необходимо учитывать почвенно-климатические условия и сортовые особенности культуры в конкретном районе.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

П. А. ГИРКО,
профессор

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОЖАЯ И КАЧЕСТВА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ПОЛЕСЬЕ УССР

Успешное выполнение задач, поставленных XX съездом КПСС по повышению урожайности и увеличению валового сбора всех сельскохозяйственных культур возможно лишь в том случае, если каждый колхоз и совхоз быстро освоит систему агротехнических мероприятий по восстановлению плодородия почвы, основанную на местном научном и производственном опыте.

В настоящее время правильной следует считать лишь такую систему агротехнических, агробиологических и других мероприятий, которые в данных конкретных почвенно-климатических условиях обеспечивают поддержание и постоянное повышение эффективного плодородия почвы, выражающееся в получении из года в год возрастающих урожаев возделываемых в данной местности сельскохозяйственных культур с единицы площади при наименьших затратах.

Применяя систему агротехнических мероприятий, в соответствующих почвенно-климатических и хозяйственных условиях производства с учетом биологических особенностей возделываемых культур, передовые колхозы Украины ежегодно повышают плодородие почв и получают хорошие урожаи. Резервы повышения урожайности зерновых и других культур в нашей стране огромны.

Так, например, колхоз «Большевик», Шосткинского района, Сумской области, применяя комплекс агротехнических мероприятий по окультуриванию песчаных подзолистых почв, ежегодно собирает зерновых культур по 20 *ц/га*; колхоз им. Калинина, Бышевского района, Киевской области, со всей площади посева озимой пшеницы получил по 15,7 *ц/га*; колхоз «Коммунист», Киево-Святошинского района, Киевской области, собрал урожай озимой пшеницы со всей площади посева по 18,4 *ц/га*. На темносерых лесных почвах Чарторыйского опытного поля, Житомирской области, правильное сочетание внесенных органических и минеральных удобрений в севообороте повысило урожай озимой пшеницы с 18,9 до 26,4 *ц/га*.

В 1956 г., несмотря на неблагоприятные условия погоды, колхозы Гребенковского района, Киевской области, собрали в среднем с гектара по 16,7 *ц* озимой пшеницы. Колхозы обслуживающиеся Белоцерковской МТС, Киевской области, собрали по 15,9 *ц* зерна озимой пшеницы с гектара. Колхоз им. Калинина, Броварского района, Киевской области, располо-

жен в типичном Полесье УССР с легкими песчаными и супесчаными почвами. Однако урожайность здесь резко возросла, когда колхозники по-настоящему взялись за повышение плодородия почвы. Так, в 1950 г. на площадь в 1225 *га* было внесено навоза — 3980 *т* и торфа 550 *т*, кроме того, было запахано люпина на площади 30 *га* и внесено минеральных удобрений — 150 *т*, или по 1,2 *ц/га*; в 1953 г. внесено соответственно навоза — 5600 *т*, торфа — 1400 *т* и минеральных удобрений — 205 *т*; а в 1956 году было запахано люпина на 375 *га* и внесено навоза — 10 300 *т*, торфа — 9300 *т* или по 16 *т/га* органических и минеральных удобрений — 400 тонн, т. е. по 3,3 *ц/га*. Если в 1950 г. было собрано в среднем с гектара по 7,7 *ц/га* зерновых, по 19 *ц/га* кукурузы, по 91 *ц/га* картофеля, по 38 *ц/га* овощей, то в 1956 г., благодаря повышению плодородия почвы, в этом колхозе урожай зерновых достиг 13,5 *ц/га*, кукурузы — 47 *ц*, картофеля — 140 *ц*, овощей — 150 *ц/га*.

Как известно, высокий уровень агротехники повышает эффективность вносимых удобрений, а создание с помощью удобрений благоприятных условий питания растений способствует повышению эффективности и других агротехнических мероприятий.

Наиболее эффективным, заметно влияющим на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, при высокой агротехнике их возделывания, является применение правильной системы питания растений.

Целью нашего исследования являлось изучение влияния органических и минеральных удобрений на урожай и качество озимой пшеницы, высеваемой на Полесье УССР по вико-овсяному пару и по пласту многолетних трав в зерново-картофельном севообороте. Работа проводилась с озимой пшеницей сорта Лютесценс 17. Посевы ее производились в учебно-опытном хозяйстве УСХА «Теремки» на темно-серой лесной почве песчано-суглинистого механического состава. Пшеница выращивалась в зерново-картофельном севообороте с таким чередованием культур и системой удобрений (табл. 1).

Темно-серая лесная почва характеризуется следующими показателями: содержание гумуса 3,9% в горизонте 0—20 *см* и 1,2% в горизонте 20—40 *см*. Сумма поглощенных оснований в этой почве равна 19,64 *м-экв* на 100 *г* почвы в горизонте 0—20 *см* и 18,5 *м-экв* в горизонте 20—40 *см*, pH (солевой) почвы поля, на котором была посеяна озимая пшеница по многолетним травам, равна pH — 5,6. По вико-овсяному пару pH колеблется от 5,1 до 5,7. Гидролитическая кислотность равна 2,3 *м-экв* на 100 *г* почвы.

Повторность опыта 4-кратная, общая площадь посевной делянки 148 $м^2$, учетная 100 $м^2$. Агротехника применялась согласно специальным указаниям.

Озимая пшеница в севооборотах Полесья УССР высевается по вико-овсяному пару, люпиновому пару, зернобобовым культурам, а также по пласту многолетних трав.

Многочисленными опытами и практикой установлено большое влияние предшественников на повышение плодородия почвы и эффективности удобрений. Пожнивные и корневые остатки у разных парозанимающих культур отличаются их количеством и химическим составом. Следовательно, и воздействие их на последующие культуры при одинаковых агротехнических условиях проявляются по-разному. При выборе парозанимающих культур учитывается также их влияние на сорную растительность.

Из литературы известно, что при высоких урожаях многолетние травы накапливают в почве корневых и пожнивных остатков больше, чем викоовсяная смесь. Эти особенности парозанимающих культур заметно

Таблица 1

Система удобрения

Чередование культур	Стандартная система удобрения	$N_{90}P_{80}K_{45}$	$N_{90}P_{60}K_{45}$	Контроль	$N_{90}P_{60}K_{90}$	Фосфоритная мука в основном внесении	Известь в пару под озимую пшеницу	Нейтрализация удобрения при основном внесении
1. Пар—вика—овес	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	—	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*
2. Озимая пшеница	В рядки при севе 0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	—	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*
3. Картофель	основные 45—30—45 *кг/га*	90—30—45 *кг/га*	90—60—45 *кг/га*	—	90—60—90 *кг/га*	45—30—45 *кг/га*	90—60—90 *кг/га*	90—60—45 *кг/га*
4. Яровые + травы	В рядки 0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	—	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*
5. Многолетние травы	—	—	—	—	—	—	—	—
6. Озимая пшеница	В рядки 0—15—15	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	—	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*
7. Кукуруза	основные 45—45—45	90—45—45 *кг/га*	90—90—45 *кг/га*	—	90—90—90 *кг/га*	45—45—45 *кг/га*	90—90—90 *кг/га*	90—90—90 *кг/га*
8. Озимая рожь	—	—	—	—	—	—	—	—

сказываются на условиях питания растений и их урожайности, что подтверждается нашими исследованиями.

Проанализируем экспериментальные данные, проводимые в таблицах 2, 3 и 4.

Анализируя экспериментальные данные (табл. 2) урожая озимой пшеницы по пласту многолетних трав за 1953, 1954 и 1955 гг., мы констатируем на контрольной делянке (без удобрения) все время повышение урожайности озимой пшеницы (13,9, 16,0, 24,2 *ц/га*). Такое характерное явление повышения урожайности озимой пшеницы мы наблюдаем и на всех остальных делянках этой системы удобрения. Наибольший эффект от удобрений мы здесь наблюдаем на делянке — навоз + РК + известь в пару под озимую пшеницу — прибавка 2,7 *ц/га*. Второе место по эффективности удобрений мы наблюдаем на делянке — навоз + РК (нейтрализация удобрений) при основном внесении — прибавка 1,9 *ц/га*.

Переходя к анализу экспериментальных данных (табл. 3) урожаев озимой пшеницы по вико-овсяному пару 1953, 1954 и 1955 гг., мы наблюдаем на контрольной делянке (без удобрения) незакономерное увеличение урожаев озимой пшеницы (18,6, 16,2, 23,5 *ц/га*). Такое незакономерное увеличение урожая озимой пшеницы наблюдаются на всех делянках урожая озимой пшеницы за 1954 г. Наибольший эффект удобрения мы здесь констатируем на делянке — навоз + РК + известь в пару под озимую пшеницу — прибавка 3,9 *ц/га*. Второе место по эффективности удобрений мы наблюдаем на делянке N_{90} $P_{60}K_{45}$, где прибавка урожая озимой пшеницы составила 3,8 *ц/га*.

При сравнении действия удобрений на урожай озимой пшеницы по предшественникам мы констатируем, что больших урожаев озимой пшеницы мы получаем по вико-овсяной смеси на контрольной делянке. Здесь же мы констатируем и большие прибавки урожая зерна озимой пшеницы от удобрений. Эти особенности парозанимающих культур заметно влияют на условия питания растений, урожайность и качество озимой пшеницы.

Содержание азота — сырого протеина в озимой пшенице показано в таблице 4.

Анализируя данные содержания общего азота и сырого протеина в озимой пшенице по фазам развития, необходимо отметить, что процент общего азота и сырого протеина в зерне выше по пласту многолетних трав на контрольной делянке (без удобрения), чем по вико-овсяному пару. Следует также отметить, что содержание общего азота в фазе цветения озимой пшеницы уменьшается. Также констатируем, что под влиянием удобрений возросло содержание азота в зерне озимой пшеницы. Отсюда необходимо сделать вывод, что для улучшения качества зерна озимой пшеницы при посеве ее по занятым парам необходимо применять удобрения, улучшающие азотное питание озимой пшеницы, что способствует накоплению белка и повышению качества зерна.

Проведенные исследования дают возможность сделать выводы о влиянии удобрений на урожай отдельных сельскохозяйственных культур, установить значение увеличенных доз отдельных удобрений на урожай культур в севообороте, установить значение известкования почв, целесообразность замены суперфосфата фосфоритной мукой при удобрении отдельных культур, а также установить влияние нейтрализации удобрений на их эффективность.

Таким образом, в условиях темно-серых лесных почв Полесья УССР при посеве озимой пшеницы и других сельскохозяйственных культур в севообороте можно добиться повышения урожайности при высокой

Таблица 2

Урожай озимой пшеницы за 1953, 1954 и 1955 гг. (в *ц/га*)

Предшественник пласт многолетних трав	Стандартная система удобрения	$N_{90}P_{30}K_{45}$	$N_{90}P_{60}K_{45}$	Без удобрения	$N_{90}P_{60}K_{90}$	Фосфоритная мука в основном внесении	Известь в пару под озимую пшеницу	Нейтрализация удобрений при основном внесении
—	Навоз 20 *т/га* В рядки	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	—	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*
Озимая пшеница	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	—	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*
1953 г. урожай (в *ц/га*)	14,6	14,9	15,2	13,9	15,1	14,1	16,0	15,6
Прибавка урожая (в *ц/га*) . . .	0,7	1,0	1,3	—	1,2	0,2	2,1	1,7
1954 г. урожай (в *ц/га*)	17,1	16,2	18,4	16,0	17,4	17,9	17,5	17,8
Прибавка урожая (в *ц/га*) . . .	1,1	0,2	2,4	—	1,4	1,9	1,5	2,1
1955 г. урожай (в *ц/га*)	26,0	25,8	26,2	24,2	26,0	26,1	28,0	26,3
Прибавка урожая (в *ц/га*) . . .	1,8	1,6	2,0	—	1,8	1,9	3,8	2,1
Сумма урожаев за 3 года (в *ц/га*)	57,7	56,9	59,3	54,1	58,5	58,1	61,8	59,7
Средний урожай за год (в *ц/га*)	19,2	18,9	19,8	18,0	19,5	19,4	20,7	19,9
Средняя прибавка (в *ц/га*) . .	1,2	0,9	1,8	—	1,5	1,4	2,7	1,9

Таблица 3

Урожай озимой пшеницы за 1953, 1954 и 1955 гг. (в *ц/га*)

Предшественник вико-овсяный пар	Стандартная система удобрения	$N_{90}P_{30}K_{45}$	$N_{90}P_{60}K_{45}$	Без удобрений	$N_{90}P_{60}K_{90}$	Фосфоритная мука в основном внесении	Известь пару под озимую пшеницу	Нейтрализация удобрений при основном внесении
—	Навоз 20 *т/га* В рядки	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	—	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*	Навоз 20 *т/га*
Озимая пшеница	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	—	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*	0—15—15 *кг/га*
1953 г. урожай (в *ц/га*)	22,4	21,8	23,6	18,6	23,4	22,8	23,7	22,8
Прибавка урожая (в *ц/га*) . . .	3,8	3,2	5,0	—	4,8	4,2	5,1	4,2
1954 г. урожай (в *ц/га*)	17,1	16,2	18,4	16,2	17,4	17,9	18,3	17,8
Прибавка урожая (в *ц/га*) . . .	0,9	—	2,2	—	1,2	1,7	2,1	1,6
1955 г. урожай (в *ц/га*)	24,2	25,9	27,5	23,5	27,7	27,8	28,0	27,0
Прибавка урожая (в *ц/га*) . . .	0,7	2,4	4,0	—	4,2	4,3	4,5	3,5
Сумма урожаев за год (в *ц/га*)	63,7	63,9	69,5	58,3	68,5	68,5	70,0	67,6
Средний урожай за год (в *ц/га*)	21,2	21,3	23,2	19,4	22,8	22,8	23,3	22,5
Средняя прибавка (в *ц/га*) . .	1,8	1,9	3,8	—	3,4	3,4	3,9	3,1

Таблица 4

Содержание азота и сырого протеина в озимой пшенице (в %)

Схема опыта	Предшественники	Азота															Сырого протеина		
		При кущении			При выходе в трубку			При цветении			При полной спелости								
											солома			зерно					
		1953 г.	1954 г.	1955 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.
Контроль	Вико-овсяный пар	3,52	3,67	3,20	2,30	3,50	3,14	0,30	2,00	0,88	0,23	0,70	0,61	1,80	1,75	1,82	11,25	10,80	11,38
Навоз 20 *т/га*	Вико-овсяный пар	3,86	4,06	3,21	2,30	3,50	3,00	1,10	2,40	0,91	0,42	0,80	0,72	1,93	1,96	2,02	12,06	12,30	12,63
Навоз 20 *т/га* + $+P_{15}K_{15}+$ + известь	Вико-овсяный пар	4,00	4,72	3,34	2,40	3,80	2,91	1,10	1,80	1,06	0,58	1,20	0,75	2,00	2,10	2,02	12,50	13,10	12,63
Контроль	Многолетние травы	3,70	4,50	3,17	2,90	3,80	2,76	1,10	1,90	1,62	0,54	0,30	0,68	2,45	2,70	2,06	15,31	16,80	12,88
$P_{15}K_{15}$ + + известь	Многолетние травы	4,25	4,50	3,56	3,10	4,70	3,42	1,20	2,50	2,31	0,71	0,70	0,74	2,62	2,70	2,20	16,37	16,80	13,75

агротехнике их воздействия и при правильном сочетании вносимых органических и минеральных удобрений.

Проведенное исследование дает возможность рекомендовать для использования систему удобрения и ряд других агротехнических мероприятий, направленных на получение высоких, устойчивых и качественных урожаев озимой пшеницы и других сельскохозяйственных культур на темно-серых лесных почвах Полесья УССР.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Е. Ф. МАНОЙЛЕНКО, О. В. КУЛИШ, В. С. ГУДЗЬ

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ХЛЕБНЫХ ЗЛАКОВ ПРОТИВ ПОЛЕГАНИЯ

Минеральное питание, как один из факторов жизни растений, не только способствует повышению урожая сельскохозяйственных культур, но и дает возможность вести борьбу с полеганием хлебных злаков.

Полегание хлебов снижает урожай, ухудшает качество продукции и приводит к большим потерям зерна.

Научными работниками и практиками не один год ставились задачи вскрыть причины полегания хлебов и найти средства борьбы с этим явлением. Однако этот вопрос остался неразрешенным, и радикальных мер борьбы с полеганием не найдено.

В литературе по этому вопросу также нет единого мнения. Так, например, в работе М. Пруцковой, М. Лебедевой и других (9) есть указания, что полегание хлебов уменьшается с накоплением кремния в стеблях. Роль кремния в этом случае авторы связывают с изменением коллоидной системы при переходе золей в гели в процессе деления клеток и при росте клеточных оболочек.

Д. Н. Прянишников (10) полегание хлебов обусловливает этиолированием стеблей при затенении.

В работе П. А. Власюка (1) отмечено, что при обеспечении растений марганцевыми удобрениями устойчивость их против полегания повышается.

По мнению П. Е. Ярошевского (13), азотные удобрения снижают устойчивость растений против полегания. Снижение устойчивости автор объясняет тем, что клеточные оболочки стают тоньше, уменьшается количество сосудисто-волокнистых пучков.

Над изучением анатомического строения стеблей злаковых культур в связи с полеганием работало ряд авторов: Т. Н. Годнев (5), И. Н. Гальченко (4), А. А. Кузьменко (6), Л. П. Халабуда, Л. Б. Гилис (12) и другие. Например, Кузьменко установил, что у полегших растений стенки соломины тоньше, уменьшается количество сосудисто-волокнистых пучков и др. К сожалению, Кузьменко, как другие исследователи, не указал на причины, вызывающие улучшение анатомического строения стебля злаковых культур.

По данным И. А. Волкова (2, 3) устойчивость пшеницы, выращенной на фоне разных удобрений, зависит от быстроты развития и созревания растений.

В работах А. М. Палеева (11) есть указания, что полегание зависит от раздревеснения клеточных оболочек в период налива зерна.

Е. Ф. Манойленко и Т. Д. Катеринич (7), изучая влияние удобрений на изменение химического состава стеблей озимой пшеницы, пришли к заключению, что устойчивость растений против полегания зависит от накопления клетчатки и пентозанов в стеблях.

Разность взглядов авторов на полегание хлебов свидетельствуют о том, что этот вопрос разработан недостаточно.

В связи с этим нами были поставлены задачи изучить, как влияют условия минерального питания на изменение анатомического строения стеблей озимой пшеницы и ярового ячменя, и содержание клетчатки в них в связи с полеганием.

Опыты были проведены на опытном поле Украинской сельскохозяйственной академии и в Красноармейском сахкомбинате, Згуровского района, Киевской области.

Следует отметить, что в Красноармейском сахкомбинате даже в 1954 г. (год засушливый) полегание озимой пшеницы на паровых полях было массовым явлением. Установлено, что полегание озимой пшеницы на полях сахкомбината произошло вследствие внесения больших норм навоза 35—40 *т/га*.

Кроме полевых исследований, были проведены опыты в лизиметрах емкостью на 1 $м^3$ почвы. В лизиметрах озимую пшеницу высевали под маркер по одному зернышку с площадью питания по 25 $см^2$ на одно растение.

Приступая к исследованию анатомического строения стеблей злаковых культур, мы считали, что чем больше будет сделано срезов и измерений, тем большая точность будет достигнута.

Анатомическое строение стеблей изучали по таким показателям:

1. На втором и третьем междоузлиях делали по три среза: первый срез брали на расстоянии 2 *см* от нижнего коленца, второй по средине междоузлия и третий на расстоянии 2 *см* от верхнего коленца.

2. На каждом срезе производили пять измерений под микроскопом: эпидермис, склеренхиму и сосудисто-волокнистый пучок вместе взятые; эпидермис и склеренхиму, расположенные между сосудисто-волокнистыми пучками, также вместе взятые.

3. Кроме того, измеряли толщину стенки соломины.

Всего было сделано 1020 срезов и 5100 измерений. Исследования показали, что минеральное питание растений значительно влияет на изменение анатомического строения как стеблей озимой пшеницы, так и ярового ячменя. В таблице 1 приводим данные опыта.

Таблица 1

Влияние минерального питания на изменение анатомического строения стеблей озимой пшеницы сорта Украинка

(из опытов в лизиметрах за 1954 г.)

Варианты	Схема опыта	Кущение	Длина междоузлий (в *см*)			Толщина стенок соломины междоузлий (в микронах)		Толщина эпидермиса, склеренхимы и сосудисто-волокнистых пучков (в микронах)		Толщина эпидермиса и склеренхимы (в микронах)	
			I	II	III	II	III	II	III	II	III
1	Фон 20 *т/га* перегноя	4,12	6,7	13,0	17,1	516	440	142	119	78	70
2	» + NPK_{30} *кг/га* .	4,75	6,2	13,2	18,1	431	434	136	114	76	69
3	» + $NK_{30}P_{120}$ » .	4,93	5,7	10,8	15,8	556	436	140	121	80	73
6	» + $NP_{30}K_{120}$ » .	4,58	6,3	11,7	17,0	614	454	159	141	94	78
8	» + $PK_{30}N_{120}$ » .	4,81	6,9	13,1	18,8	462	412	128	120	75	72

Данные таблицы 1 показывают, что все показатели анатомического строения стеблей озимой пшеницы лучшие у растений, которые выращивались в лизиметрах с повышенными нормами калия в соотношении (см. вариант 6). Например, толщина стенки соломины второго междоузлия имеет 614 микронов, тогда как в 8 варианте 462 микрона; толщина эпидермиса, склеренхимы и сосудисто-волокнистых пучков вместе взятых второго междоузлия в 6 варианте достигла 159 микронов, а в 8 варианте 128 микронов.

На изменение анатомического строения стеблей злаковых культур влияет также освещение.

Наши опыты показали, что большой разницы в кущении не было, площадь питания для каждого растения тоже отводилась одинаковая — 25 *см*².

Таким образом, изменение анатомического строения стеблей озимой пшеницы, по нашему мнению, произошло только под влиянием питания растений.

Данные исследований в лизиметрах подтверждаются и полевыми опытами (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Влияние минерального питания на изменение анатомического строения стеблей ячменя сорта Ганна Лоосдорфская

(полевые опыты 1953 г.)

Варианты	Схема опыта	Длина междоузлий (в *см*)			Толщина стенок соломины междоузлий (в микронах)		Толщина эпидермиса, склеренхимы и сосудисто-волокнистых пучков (в микронах)		Толщина эпидермиса и склеренхимы (в микронах)	
		I	II	III	II	III	II	III	II	III
1	NPK_{60} *кг/га* . . .	4,3	15,8	13,8	420	342	132	111	73	61
2	$NK_{60}P_{120}$ » . . .	5,2	11,2	12,6	393	338	122	107	81	60
4	$NP_{60}K_{120}$ » . . .	5,3	10,4	13,5	470	427	150	136	83	64
6	$PK_{60}N_{120}$ » . . .	5,3	9,3	13,3	417	377	124	108	73	59

Таблица 3

Влияние минерального питания на изменение анатомического строения стеблей озимой пшеницы сорта Лютесценс 17

(из полевых опытов УСХА за 1954 г.)

Варианты	Схема опыта	Длина междоузлий (в *см*)			Толщина стенок соломины междоузлий (в микронах)		Толщина эпидермиса, склеренхимы и сосудисто-волокнистых пучков (в микронах)		Толщина эпидермиса и склеренхимы (в микронах)	
		I	II	III	II	III	II	III	II	III
1	NPK_{60} *кг/га* . . .	4,8	13,0	17,7	517	436	144	134	81	74
3	$NK_{60}P_{180}$ » . . .	5,5	15,2	21,3	532	456	136	128	83	70
5	$NP_{60}K_{180}$ » . . .	6,8	15,7	13,6	546	460	157	144	86	76
7	$PK_{60}N_{180}$ » . . .	8,5	15,6	18,2	516	428	132	120	76	74

Как видно из таблицы 2, все показатели анатомического строения стеблей ячменя в понимании устойчивости против полегания лучше выражены у тех растений, которые выращивались на делянках с внесением $NP_{30}K_{120}$.

Подобные данные получены нами и в полевых опытах с озимой пшеницей сорта Лютесценс 17 (табл. 3).

Изменение анатомического строения стеблей озимой пшеницы и ярового ячменя мы объясняем тем, что в зависимости от условий питания поразному проходит синтез углеводов.

В работе Е. Ф. Манойленко (8) при изучении влияния концентрации солей (норм и соотношений между элементами питания) на морозоустойчивость озимых пшениц показано, что в зависимости от условий питания в больших пределах можно изменять — увеличивать или уменьшать содержание растворимых углеводов в растениях.

Если синтез сахаров усиливается, больше накопляется клетчатки и других сложных углеводов в стеблях, устойчивость растений против полегания повышается. В таблице 4 приводим данные о количестве клетчатки в стеблях озимой пшеницы.

Таблица 4

Содержание клетчатки в стеблях озимой пшеницы сорта Украинка
(из опытов в лизиметрах)

Варианты	Схема опыта	Междоузлие II, в %	Междоузлие III, в %
1	Фон 20 *т/га* перегноя	43,49	42,89
2	» $+NPK_{30}$ *кг/га*	47,21	46,43
4	» $+NK_{30}P_{120}$ »	49,55	46,56
6	» $+NP_{30}K_{120}$ »	50,43	48,66
8	» $+PK_{30}N_{120}$ »	40,29	38,17

Анализируя данные таблицы 4, убеждаемся, что при помощи питания растений можно в больших пределах изменить количество клетчатки в стеблях. Наибольше клетчатки содержалось в стеблях тех растений, которые выращивались в лизиметрах на повышенных нормах калия (вариант 6), а наименьше было клетчатки в стеблях из 8 варианта.

Аналогичные данные получены и в полевых опытах (табл. 5).

Таблица 5

Содержание клетчатки в стеблях озимой пшеницы сорта Лютесценс 17
(из полевых опытов)

Варианты	Схема опыта	% клетчатки в стеблях II междоузлия
1	NPK_{60} *кг/га*	46,22
2	$NK_{60}P_{120}$ »	48,90
3	$NK_{60}P_{180}$ »	51,30
4	$NP_{60}K_{120}$ »	50,50
5	$NP_{60}K_{180}$ »	52,21
6	$PK_{60}N_{120}$ »	43,00
7	$PK_{60}N_{180}$ »	43,66

Необходимо отметить, что в наших опытах не было такого случая, чтобы хлебные злаки на делянках с увеличенными нормами калия в соотношении полегали.

Минеральное питание не только дает возможность вести борьбу с полеганием, но и повышает урожай.

В таблицах 6, 7 и 8 приводим данные урожая.

Таблица 6

Урожай озимой пшеницы сорта Украинка
(в *г* на лизиметр)

Варианты	Схема опыта	Урожай зерна	Вес 1000 зерен
1	Фон 20 *т/га* перегноя	384,4	41,74
2	» + NPK_{30} *кг/га*	389,6	39,88
3	» + $NK_{30}P_{60}$ »	385,6	41,80
4	» + $NK_{30}P_{120}$ »	335,0	44,50
5	» + $NP_{30}K_{60}$ »	392,8	42,95
6	» + $NP_{30}K_{120}$ »	414,6	42,07
7	» + $PK_{30}N_{60}$ »	476,5	41,48
8	» + $PK_{30}N_{120}$ »	469,8	41,77

Примечание: полегания озимой пшеницы в лизиметрах не было.

Таблица 7

Урожай озимой пшеницы сорта Лютесценс 17
(из полевых опытов УСХА 1954 г.)

Варианты	Схема опыта	Урожай зерна (в *ц/га*)	Вес 1000 зерен (в *г*)	Полегание
1	NPK_{60}	27,79	38,14	не было
2	$NK_{60}P_{120}$	27,17	36,22	не было
3	$NK_{60}P_{180}$	25,44	36,08	до 20%
4	$NP_{60}K_{120}$	29,87	36,23	не было
5	$NP_{60}K_{180}$	31,30	36,26	не было
6	$PK_{60}N_{120}$	29,21	36,26	20—30%
7	$PK_{60}N_{180}$	24,62	35,90	70—80%

Высокий урожай зерна озимой пшеницы в лизиметрах, по нашему мнению, получен не только потому, что растения были обеспечены питанием в достаточном количестве, но и потому что каждое растение получало одинаковое освещение, т. к. площадь питания была отведена в 25 *см*².

Довольно высокий урожай получен и в полевых опытах (табл. 7).

Данные таблицы 7 показывают, что несмотря на засушливость 1954 г. в наших опытах получен высокий урожай зерна.

Таблица 8

Урожай ячменя сорта Ганна Лоосдорфская
(в полевых опытах 1953 г.)

Варианты	Схема опыта	Урожай зерна (в *ц/га*)	Вес 1000 зерен (в *г*)	Полегание
1	Контроль	10,79	41,87	не было
2	NPK_{60} *кг/га*	25,90	37,20	не было
3	$NK_{60}P_{120}$ »	28,98	34,82	до 10%
4	$NK_{60}P_{180}$ »	26,07	35,24	25—40%
5	$NP_{60}K_{120}$ »	26,25	38,08	не было
6	$NP_{60}K_{180}$ »	26,36	38,60	не было
7	$PK_{60}N_{120}$ »	22,60	39,06	70—80%
8	$PK_{60}N_{180}$ «	21,77	38,64	80—90%

Наибольший урожай получен на делянках с внесением $NP_{60}K_{180}$ — 31,30 *ц/га*, наименьший в 7 варианте — 24,62 *ц/га*. Снижение урожая

в 7 варианте связано с полеганием; снижение урожая в 3 варианте, где было внесено $NK_{60}P_{180}$ *кг/га*, по нашим наблюдениям, произошло вследствие преждевременного пожелтения и отмирания листьев. Вес 1000 зерен наибольший был в контрольном варианте. Снижение абсолютного веса зерна во всех вариантах с удобрением, очевидно, произошло вследствие засушливости в период налива зерна.

Данные таблицы 8 свидетельствуют о том, что почвы опытного поля бедные питательными веществами. Это подтверждается низким урожаем в контрольном варианте (10,79 *ц/га*). В вариантах с удобрениями урожай получен от 21,77 до 28,98 *ц/га*.

Следует отметить, что полегание ячменя произошло в конце молочной фазы спелости. Этим, очевидно, можно объяснить тот факт, что урожай на делянках, где произошло полегание растений, снизился не на много.

ВЫВОДЫ

1. Наши исследования показали, что в зависимости от условий минерального питания наблюдается значительная разница в толщине стенок соломины, эпидермиса, склеренхимы и сосудисто-волокнистых пучков стеблей озимых пшениц и ярового ячменя. Лучшие показатели анатомического строения стеблей получены в вариантах с повышенными нормами калия.

2. Под влиянием фосфорно-калийного питания увеличивается содержание клетчатки в стеблях озимых пшениц. Наибольше клетчатки было в стеблях тех растений, которые выращивались в вариантах с повышенными нормами калийных удобрений; наименьшее количество клетчатки было в стеблях растений, которые выращивались на участках, удобренных повышенными нормами азота.

3. Устойчивость растений против полегания в большей мере зависит от строения стеблей и их химического состава. Чем больше в стеблях накопляется клетчатки, тем улучшается анатомическое строение их; растения не полегают.

4. Минеральное питание растений, в особенности на бедных почвах опытного поля УСХА, обеспечивает высокий урожай как озимой пшеницы, так и ярового ячменя.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Власюк, ж. «Химизация социалистического земледелия», № 5, 1939.
2. И. А. Волков, ж. «Химизация социалистического земледелия», № 4, 1939.
3. И. А. Волков и Ф. М. Перекальский, ж. «Химизация социалистического земледелия», № 5, 1940.
4. И. Н. Гальченко, ж. «Социалистическое зерновое хозяйство», № 1, 1941.
5. Т. Н. Годнев и В. М. Теретьев, Сборник научных трудов АН БССР, вып. 1, 1950.
6. А. А. Кузьменко, «Вісник прикладної ботаніки», 1933.
7. Е. Ф. Манойленко и Т. Д. Катеринич, Труды Киевского с.-х. института, т. VI, 1953.
8. Е. Ф. Манойленко, Диссертация, УСХА, 1939.
9. М. Пруцкова, М. Лебедева, А. Мельникова, С. Останин, «Социалистическое растениеводство», № 3, 1932.
10. Д. Н. Прянишников и И. В. Якушкин, Растения полевой культуры, 1938.
11. А. М. Палеев, ж. «Земледелие», № 3, 1953.
12. Л. П. Халабуда, Л. Б. Гилис, Анатомо-физиологические показатели стойкости озимой пшеницы против полегания, Академия наук Украинской ССР, 1954.
13. П. Е. Ярошевский, Труды II съезда по сортоводносеменному делу в сахарной промышленности, Киев, 1922.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. П. ДОВБАХ,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ПОДКОРМКИ, ВНЕСЕННОЙ В ПОЗДНИЕ ФАЗЫ ВЕГЕТАЦИИ, НА ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЯ И УЛУЧШЕНИЕ ПОРОДНЫХ СВОЙСТВ СЕМЯН ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Наследственность растительных организмов формируется под влиянием условий внешней среды. Изменение условий произрастания организмов вызывает изменение их природы. В разные периоды индивидуального развития организмы не в одинаковой мере податливы к изменению своей природы.

И. В. Мичурин своими многочисленными работами показал, что воздействуя в определенный момент жизни, главным образом на ранних этапах развития организма, условиями внешней среды можно изменить природу растений в желательном направлении.

Советские агробиологи в своих работах подчеркивают, что для улучшения природы семян сельскохозяйственных растений необходимо создавать благоприятные условия в течение индивидуального развития организмов.

Поэтому в практике сельского хозяйства, руководствуясь мичуринской агробиологической наукой, наряду с внесением удобрений под зяблевую вспашку, широко применяют подкормки сельскохозяйственных культур, которыми удовлетворяют потребности растений в питательных веществах на разных этапах их индивидуального развития. Подкормка озимых посевов ранней весной по тало-мерзлой почве минеральными и местными органическими удобрениями ускоряет отрастание растений, усиливает кущение, особенно озимой пшеницы, и способствует более полному использованию условий внешней среды для формирования урожая. Все это обеспечивает повышение урожая и улучшение его качества.

В селекционной и семеноводческой работе важное значение имеют также подкормки, проводимые в поздние фазы вегетации.

Нашими исследованиями, проведенными в последние пять лет, установлена в условиях Полесья УССР эффективность подкормки озимой пшеницы, внесенной в предэмбриональный период формирования семян, на повышение урожайности и улучшение породных свойств семенного материала. В этот период происходит подготовка организма к образованию воспроизводительных органов — семян. Улучшение корневого питания растений, то есть «... попечение об устранении всяких недостатков в питании материнского растения во время роста на нем плодов» (И. В. Мичурин, соч. т. 1, стр. 202), улучшает породность семян. Следовательно, сознательно воздействуя на обмен веществ растения, на взаимосвязь растения с окружающей средой, можно направлять процессы, протекающие в растении, в том числе и в формирующихся репродуктивных органах.

Решая задачу улучшения породных свойств семенного материала озимой пшеницы, мы воздействовали на организм в предэмбриональный период формирования семян путем создания высокого агрофона для произрастания растений и внесения подкормки в период колошения — цветения.

В формировании репродуктивных органов растения и повышении жизнедеятельности организма имеют значение не отдельные элементы питания, а комплекс жизненно необходимых питательных элементов.

Поэтому для растений создавался высокий агрофон, а подкормка в период колошения — цветения производилась полным минеральным удобрением по 60—30 *кг/га* питательных веществ каждого удобрения.

Внесенная подкормка под растение в предэмбриональный период формирования семян изменяла концентрацию легкоусвояемых питательных веществ в почве и повышала интенсивность протекающих в клетках растений процессов. Все это приводило к повышению урожая и улучшению качества семян (табл. 1, 2).

Таблица 1

Повышение урожая и улучшение качества семян озимой пшеницы от внесения подкормки в период колошения — цветения

(1953 г.)

Сорт и варианты опыта	Урожай семян		Вес 1000 семян		Семян толщиною более 2,5 *мм* (в %)
	(в *ц/га*)	(в %)	(в *г*)	(в %)	
Украинка					
Контроль	28,60	100,0	36,6	100,0	46,2
Подкормка в фазе колошения	30,20	105,6	38,5	105,2	57,3
Подкормка в фазе цветения	29,74	104,0	37,9	103,6	52,4
Лютесценс 17					
Контроль	29,42	100,0	37,6	100,0	48,6
Подкормка в фазе колошения	30,91	105,1	39,6	105,3	58,7
Подкормка в фазе цветения	30,60	103,9	38,9	103,7	54,5

Таблица 2

Лабораторная всхожесть и сила начального роста семян озимой пшеницы в зависимости от фона воспитания растений

Сорт и фон выращивания семян	Всхожесть	Всходы (в %)			Вес сырой массы 100 нормальных всходов (в *г*)
		нормальные	слабые	менее 1 *см*	
Сорт Украинка					
Контроль (без подкормки)	97	87	6	4	8,36
Подкормка в фазе колошения	99	93	6	—	10,32
Подкормка в фазе цветения	99	92	7	—	10,46
Сорт Лютесценс 17					
Контроль (без подкормки)	98	86	6	6	9,23
Подкормка в фазе колошения	99	94	5	—	11,43
Подкормка в фазе цветения	100	94	6	—	11,39

Данные за 1951 и 1952 гг. приведены в сборнике научно-исследовательских работ УСХА, выпуск VII и VIII.

Из данных таблицы 1 видно, что подкормка растений легко усвояемыми удобрениями в предэмбриональный период формирования семян повышает урожай семян. Происходит также увеличение веса 1000 семян, обеспечивается большая выравненность семенного материала, что улучшает его посевные качества.

Следует отметить, что в 1953 г. по сравнению с предыдущими годами, наблюдалось меньшее влияние подкормки растений на их семенную продуктивность вследствие менее благоприятных погодных условий во время налива зерна. Сухая, жаркая погода в период налива зерна обусловила «захват» зерна, особенно на контрольных делянках.

Изучение породных качеств семян, выращенных на разных агротехнических фонах (с подкормкой растений в поздние фазы развития и без подкормки), указывает на их разные семенные качества. Семенной материал, выращенный на растениях, под которые вносилась подкормка, был породно улучшенным: семена и их потомства имели повышенную жизненность. Повышенная жизненность проявлялась по ряду биологических и хозяйственных свойств семян и выращенных из них растений.

Определение всхожести семян и силы начального роста в лабораторных условиях на 10 день после начала появления всходов показало преимущество семян, улучшенных подкормкой растений в поздние фазы развития (табл. 2).

Данные таблицы 2 показывают, что улучшенные семена подкормкой растений в фазе колошения и фазе цветения дали нормальных всходов на 5—8% больше, чем контроль и вес сырой массы 100 нормально развитых всходов составлял 123—125% к весу таких же всходов контроля.

Изучение полевой всхожести и мощности всходов семян, улучшенных подкормкой растений в предэмбриональный период их формирования, подтверждает данные лабораторных определений и показывает биологическую ценность улучшенных семян.

Таблица 3

Полевая всхожесть и мощность всходов контрольных и улучшенных семян озимой пшеницы. Осень 1953 г.

Посев семенами, выращенными на делянках	Сорт Украинка			Сорт Лютесценс 17		
	Полевая всхожесть (в %)	Вес сырой массы 100 всходов (в г)	Вес сырой массы 100 всходов (в %)	Полевая всхожесть (в %)	Вес сырой массы 100 всходов (в г)	Вес сырой массы 100 всходов (в %)
Контроль	87,1	12,72	100,0	86,7	12,80	100,0
Подкормка в фазе колошения	91,4	15,25	119,9	90,2	14,07	109,9
Подкормка в фазе цветения	91,4	14,90	117,1	95,0	13,30	103,9

Как видно из данных таблицы 3, улучшенные семена имели полевую всхожесть выше и всходы их были более мощные, чем семян контроля. Преимущество улучшенных семян наблюдалось также и в последующих поколениях. Так, определение полевой всхожести и мощности всходов семян урожая первого поколения после подкормки показывает, что улучшенные семена сохраняют свою биологическую ценность в потомстве (табл. 4).

Приведенные данные таблицы 3 и 4 показывают, что изменение условий внешней среды, улучшение условий питания для растений накануне формирования на них семян приводит к улучшению природы семян.

Приобретенные свойства повышенной жизненности семян и растений из них наследуются в потомствах.

Таблица 4

Полевая всхожесть и мощность всходов улучшенных семян урожая первого потомства озимой пшеницы Украинка. Осень 1953 г.

Посев семенами, выращенными на делянках	Полевая всхожесть (в %)	Вес сырой массы 100 всходов	
		(в г)	(в %)
Контроль	85,0	9,95	100,0
Подкормка за 5 дней до колошения	88,3	10,07	101,2
Подкормка в фазе колошения	90,0	10,44	104,9
Подкормка в начале цветения	93,3	11,80	118,6
Подкормка в фазе цветения	90,2	11,60	116,6

Семена, выращенные на разных агрофонах, при испытании на урожай показали разные семенные качества. Повышенная жизненность улучшенных семян обеспечила большую продуктивность растений по сравнению с неулучшенными семенами (табл. 5 и 6).

Серия проведенных опытов (табл. 5 и 6) показывает, что улучшенные подкормкой материнских растений семена как сорта Украинка в первом — третьем потомствах, так и сорта Лютесценс 17 в первом и втором потомствах дали более высокий урожай зерна. Так, у сорта Украинка повышение урожая зерна у разных потомств достигало от 5,51 до 14,46%, а у сорта Лютесценс 17 урожай зерна был выше на 14,1—15,8%.

Из анализа данных определения веса 1000 семян в опыте с сортом Украинка видно, что в урожае первого потомства улучшенных семян их вес был на 2,5—4,1% (первый опыт) выше, чем вес 1000 семян контроля.

Улучшенные семена сорта Лютесценс 17 по сравнению с контролем имели вес 1000 семян выше на 5,49—14,01% в первом потомстве и на 3,24—3,36% во втором потомстве.

Отсутствие существенной разницы между весом 1000 семян в урожае второго и третьего потомств улучшенных семян и весом 1000 семян контроля объясняется тем, что вес семян в значительной степени зависит от погодных условий, которые складываются в период налива зерна.

Приведенные данные (табл. 5 и 6) по изучению урожайности первого — третьего потомств улучшенных семян свидетельствуют об эффективности подкормки в поздние фазы развития растений на повышение урожайных качеств семенного материала.

Анализ растений второго потомства по хозяйственным и морфологическим признакам показывает, что увеличение урожая сухой массы и зерна происходит за счет лучшей продуктивной кустистости и лучшей озерненности колоса растений потомства, выращенного из улучшенных семян.

Из таблицы 7 видно, что продуктивная кустистость растений во втором потомстве при посеве семян из подкормленных растений за 5 дней до колошения составляла 2,25, в фазе колошения — 2,60, вначале фазы цветения — 2,05, в фазе цветения —3,20, кустистость растений контроля равнялась 1,75. Кроме того, растения, выросшие из улучшенных семян, имели выравненный стеблестой, большее количество зерен, более высокий вес 1000 зерен. Все это обеспечило повышение урожая на делянках, где испытывались улучшенные семена

Таблица 5

Улучшение породных качеств семян озимой пшеницы Украинка путем внесения подкормки в поздние фазы развития

Опыт	Варианты опыта	Первое потомство (1953 г.)				Второе потомство (1954 г.)				Третье потомство (1955 г.)			
		Урожай зерна		Вес 1000 семян		Урожай зерна		Вес 1000 семян		Урожай зерна		Вес 1000 семян	
		(в *ц/га*)	(в %)	(в *г*)	(в %)	(в *ц/га*)	(в %)	(в *г*)	(в %)	(в *ц/га*)	(в %)	(в *г*)	(в %)
I	Контроль	28,57	100,0	36,5	100,0	20,75	100,0	36,8	100,0	32,50	100,0	36,14	100,0
	Подкормка за 5 дней до колошения	31,30	109,6	37,6	103,0	23,75	114,5	37,3	101,4	33,75	103,9	37,80	104,6
	Подкормка в фазе колошения	31,00	108,6	37,4	102,5	22,63	109,1	36,9	100,3	36,13	111,2	36,25	100,3
	Подкормка в начале цветения	29,82	104,4	37,9	103,8	22,50	108,4	37,1	100,8	35,88	110,1	36,35	100,6
	Подкормка в фазе цветения	29,47	103,1	38,0	104,1	22,40	108,0	38,8	105,4	33,75	103,9	36,70	101,6

Таблица 6

Урожай улучшенных семян озимой пшеницы в первом и во втором потомствах

Опыты	Сорта и варианты опыта	Первое потомство (1954 г.)				Второе потомство (1955 г.)			
		Урожай зерна		Вес 1000 семян		Урожай зерна		Вес 1000 семян	
		(в *ц/га*)	(в %)	(в *г*)	(в %)	(в *ц/га*)	(в %)	(в *г*)	(в %)
	Сорт Украинка								
II	Контроль	22,13	100,0	37,5	100,0	30,69	100,0	36,57	100,0
	Подкормка за 5 дней до колошения	25,00	113,0	38,0	101,3	32,12	104,7	36,95	101,0
	Подкормка в фазе колошения	25,12	113,6	37,7	100,5	34,38	112,0	36,80	100,6
	Подкормка в фазе цветения	23,13	104,6	39,8	106,1	32,75	106,7	37,15	101,6
	Контроль	23,62	100,0	36,2	100,0	29,38	100,0	38,79	100,0
III	Подкормка в фазе цветения	24,75	104,8	36,8	101,7	31,00	105,5	38,83	100,1
	Сорт Лютесценс 17								
IV	Контроль	23,00	100,0	36,4	100,0	27,37	100,0	42,91	100,0
	Подкормка в фазе колошения	26,63	115,8	38,4	105,5	28,87	105,5	44,35	103,4
	Подкормка в фазе цветения	26,25	114,1	41,5	114,0	29,25	103,9	43,30	103,2

Результаты исследования улучшенных семян и их поколений показывают, что подкормка семенных посевов озимой пшеницы сортов Украинка и Лютесценс 17 азотно-форсфорно-калийными удобрениями в период колошения — цветения растений, изменяя условия питания растений,улучшает породные свойства семян.

Таблица 7

Характеристика хозяйственных и морфологических признаков растений второго потомства озимой пшеницы Украинка. Опыт 1954 г.

Признаки \ Варианты опыта	Контроль	Семена из подкормленных растений: за 5 дней до колошения	в фазе колошения	в начале фазы цветения	в фазе цветения
I. Признаки растения					
1. Высота растений (в *см*)	99,7	102,2	105,9	104,2	103,9
2. Кустистость	1,75	2,25	2,60	2,05	2,20
3. Вес растения (в *г*)	3,82	4,93	4,08	4,97	4,27
4. Вес зерна растения (в *г*)	1,43	1,82	1,87	1,92	1,84
5. Число зерен в растении	38,6	47,5	49,1	48,3	47,4
II. Признаки колоса					
1. Длина колосового стержня (в *см*)	7,1	7,1	7,3	7,8	7,8
2. Число колосков в колосе	13,6	13,7	13,9	14,5	14,9
3. Плотность колоса	17,25	17,94	17,56	17,31	17,93
4. Вес колоса (в *г*)	1,25	1,28	1,68	1,46	1,40
5. Вес зерна в колосе (в *г*)	0,92	0,93	0,96	1,08	1,13
6. Число зерен в колосе	25,0	25,2	25,9	27,9	26,5
III. Признаки зерна					
1. Вес 1000 зерен (в *г*)	37,09	38,11	38,12	39,11	38,84

Таким образом, поведение потомства подтверждает, что состояние родителей в период формирования зародыша семени оказывает прямое влияние на свойства потомства. Причиной улучшения природы семян является изменение внешних условий для индивидуального развития растений в предэмбриональный период формирования семян.

ВЫВОДЫ

1. Обеспечить высокие и устойчивые урожаи озимой пшеницы можно при создании комплекса условий на протяжении всего вегетационного периода и удовлетворении корневым питанием растений в течение их индивидуального развития.

2. Подкормка семенных посевов озимой пшеницы в предэмбриональный период формирования семян (в период колошения и цветения растений) повышает урожай и улучшает его семенные качества. На подкормленных растениях завязям создаются благоприятные условия для образования зерновок, что способствует формированию более крупных семян.

3. На подкормленных растениях формируются более жизненные семена. Жизненность их выражается в способности семян давать высокую полевую всхожесть и более мощные всходы. Более жизненное потомство улучшенных семян обеспечивает повышение урожая в первом — третьем потомствах.

4. Способность улучшенных семян давать более высокий урожай и сохранить жизненность в потомствах свидетельствует об улучшении по-

родных качеств семян при подкормке растений в период колошения — цветения.

5. Подкормка семенных посевов в фазе колошения — цветения растений не вызывает особых трудностей во время размножения семян при широкорядном способе сева.

6. Применение подкормки растений в поздние фазы развития растений позволит улучшить породные качества семенного материала, что весьма важно в селекционной и семеноводческой работе.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Т. Т. ДЕМИДЕНКО,
член-корреспондент АН УССР, профессор

М. И. ПЕТРЕНКО,
кандидат сельскохозяйственных наук

УПЛОТНЕННЫЕ ПОСЕВЫ — РЕЗЕРВ СОЗДАНИЯ КОРМОВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

Выполнение всенародной задачи увеличения производства продуктов животноводства, предусмотренной Директивами XX съезда КПСС, требует значительного улучшения организации кормопроизводства в колхозах и совхозах нашей страны с тем, чтобы полностью обеспечить все виды скота и птицы высококачественными кормами.

Важнейшим резервом создания кормовой базы для животноводства являются уплотненные посевы сельскохозяйственных культур и, в частности, посевы кукурузы с бахчевыми и другими культурами, рекомендованные Советом Министров УССР для широкого внедрения в колхозах и совхозах республики.

Бахчевые культуры, как компонент уплотненных посевов с кукурузой, ощутительно увеличивают количество, а также улучшают качество кормов, получаемых с единицы земельной площади.

Практическое значение кормовых бахчевых культур обусловлено тем, что они, наряду с силосом, в зимний стойловой период заменяют зеленую траву. Бахчевые, как и кормовые корнеплоды, легко усваиваются организмом животных, содержат значительное количество углеводов и витаминов. Они возбуждают аппетит у животных, улучшают пищеварение, содействуют лучшему использованию грубых кормов, повышают продуктивность молочных коров, откорм свиней и других животных.

Кормовые бахчевые культуры — тыква, кабачки, кормовой арбуз — вошли в схемы зеленого конвейера и являются его обязательными компонентами в колхозах и совхозах всех районов УССР.

В связи с весьма актуальным значением кормовые бахчевые культуры приобретают все большее распространение. В 1951 году их удельный вес составлял 10,4% всей посевной площади кормовых корнеплодов страны и 16% площади этих культур в нашей республике. В сочетании с кукурузой бахчевые культуры занимают около 90% площади уплотненных посевов с.-х. растений.

Увеличение посевов кукурузы в стране дает возможность еще шире распространить уплотненные посевы этой культуры с бахчевыми, бобовыми и другими кормовыми растениями.

Это дает возможность полнее использовать энергию солнечных лучей, естественное богатство наших почв, получать на протяжении вегетационного периода по два урожая с одной и той же площади и тем приумножать богатство наших колхозов.

Уплотненные посевы, полностью себя оправдавшие и показавшие большой производственный и экономический эффект, в последние годы приобрели массовое распространение в республике. Так, например, в колхозах Черкасской области площадь уплотненных посевов в 1955 г. превысила 100 тыс. гектаров, в результате чего колхозники области дополнительно собрали около 600 тыс. тонн ценного сочного корма. Все одиннадцать колхозов Ротмистровского района, указанной области, произвели уплотненные посевы кукурузы с бахчевыми на площади 2304 *га*. Колхоз им. Ленина, имевший 200 *га* уплотненных посевов, при урожае кукурузы по 36 *ц/га* дополнительно собрал кормовой тыквы по 120 *ц* с 1 *га*. В колхозе «Зоря комунізму» на площади 400 *га* уплотненных посевов собрано по 41,8 *ц* кукурузы и 65 *ц* кормовой тыквы с каждого гектара.

Звеньевая колхоза им. Шевченко, Шполянского района, Черкасской области, депутат Верховного Совета УССР И. С. Тулуман в 1955 г. вырастила 91 *ц* кукурузы и 75 *ц* тыквы с гектара на площади 10 гектаров.

Высокие урожаи кукурузы и уплотняющих культур систематически выращивает знатная звеньевая Герой Социалистического Труда Е. А. Долинюк из колхоза им. Сталина, Мельнице-Подольского района, Тернопольской области. Колхозники колхоза им. К. Маркса, Сребнянского района, Черниговской области, в 1955 г. собрали по 45 *ц* кукурузы и 180 *ц* кормовых кабачков с каждого гектара.

Приведенные примеры показывают важное значение уплотненных посевов в деле создания кормовой базы для животноводства.

Все более расширяющаяся комплексная механизация возделывания кукурузы вызвала необходимость разработки более совершенных приемов выращивания уплотненных посевов этой культуры совместно с бахчевыми и другими кормовыми растениями.

Учитывая предыдущий опыт работы, кафедра растениеводства Украинской сельскохозяйственной академии в своей научно-исследовательской работе поставила задачу выяснить следующие вопросы:

1. Влияние уплотняющей культуры на рост и развитие кукурузы.
2. Оптимальные площади питания бахчевых при подсеве их под кукурузу.
3. Возможность комплексной механизации при выращивании уплотненных посевов.
4. Экономическая эффективность уплотненных посевов.

Для выяснения указанных вопросов в 1955 г. опыты были заложены в производственных условиях, в колхозах Киевской и Черниговской областей, а также в полевом севообороте учебно-опытного хозяйства УСХА «Теремки».

В колхозе им. Щорса, Сквирского района, Киевской области, опыт с уплотненными посевами был заложен в полевом севообороте на производственных посевах кукурузы, посеянной квадратно-гнездовым способом после сахарной свеклы, выращиваемой по озимой пшенице.

При появлении всходов, когда обозначились гнезда кукурузы, к ней была подсеяна кормовая тыква на расстоянии 8—10 *см* от растений уплотняемой культуры. Семена тыквы высевались на глубину 3—4 *см* по 3—4 шт. в каждое гнездо. Для ускорения появления всходов семена бахчевых перед посевом были намочены. Квадраты для уплотняющей культуры были предусмотрены размером 2,1 × 2,1 *м* и 2,8 × 2,8 *м*.

В отдельных вариантах опыта бахчевые высевались в гнезда удаленной кукурузы, а также посредине междурядий.

Всходы подсеянной тыквы появились на четвертый день. Сорт кукурузы — Харьковская 23, кормовой тыквы — Стофунтовая.

На протяжении вегетационного периода за уплотненными посевами проводились фенологические наблюдения и сопутствующие исследования.

Опытные делянки с уплотненными посевами находились среди чистых посевов кукурузы, поэтому уход за ними ничем не отличался от агротехнических мероприятий, применявшихся на всей площади, где произрастала кукуруза.

Как и по всей площади кукурузы, на делянках уплотненных посевов междурядная обработка была проведена в двух направлениях. Следует подчеркнуть, что на время проведения первой междурядной обработки растения бахчевых были еще совсем небольшие и они не мешали работе трактора с навесным культиватором. Вторая междурядная обработка была проведена в одном направлении.

Наши наблюдения подтвердили предположение о том, что уплотняющие культуры не мешают механизации междурядной обработки кукурузы, а незначительное повреждение листьев и плетей кормовой тыквы колесами трактора при втором рыхлении мало повлияло на рост растений.

Наблюдая за ростом растений кукурузы, около гнезд которой подсеяна кормовая тыква, мы заметили, что она не угнетается уплотняющей культурой. Произведя многочисленные измерения высоты стебля кукурузы чистых и уплотненных посевов, мы не нашли в них значительной разницы. Средняя высота кукурузы чистых посевов в период начала цветения султанов составляла 192 *см*, кукуруза уплотненных посевов в это время имела высоту 190 *см*. В своем развитии кукуруза уплотненных посевов не отставала и не опережала развитие кукурузы чистых посевов: цветение султанов и початков, а также созревание кукурузы различных способов выращивания происходило почти одновременно.

Важнейшим показателем, по которому можно судить о влиянии кормовой тыквы на рост кукурузы, является количество початков на растениях этой культуры, их вес и озерненность. Анализируя структуру урожая, мы также не нашли заметной разницы в растениях кукурузы чистых и уплотненных посевов.

Схема опыта и урожай, собранный на уплотненных посевах кукурузы с кормовой тыквой в колхозе им. Щорса в 1955 г., представлены в таблице 1.

Таблица 1

Урожай уплотненных посевов кукурузы с кормовой тыквой
(в *ц/га*)

Варианты	Схема опыта	Урожай кукурузы		Урожай тыквы
		стеблей	зерна	
1	Кукуруза 70×70 *см* (контроль) . . .	110,3	44,12	—
2	Кукуруза + тыква 2,1×2,1 *м*	108,9	42,04	178,0
3	Кукуруза + тыква 2,8×2,8 *м*	107,4	43,02	141,2
4	Кукуруза + тыква 2,1×2,1 *м* в гнезде без кукурузы	96,4	34,02	186,0
5	Кукуруза + тыква 2,1×2,1 *м* в междурядиях кукурузы	107,5	42,85	180,1

Данные приведенной таблицы свидетельствуют о высокой эффективности уплотненных посевов. Незначительная разница между растениями

кукурузы чистых и уплотненных посевов, наблюдавшаяся на протяжении всего вегетационного периода, ясно сказалась и на урожае, собранном с этих делянок. Небольшое уменьшение урожая зерна кукурузы (на 1—2 *ц*) на делянках уплотненных посевов в достаточной степени компенсируется сбором урожая высококачественных плодов кормовой тыквы.

Уменьшение урожая кукурузы и значительное увеличение сбора кормовой тыквы, наблюдавшееся в четвертом варианте, связано с тем, что последняя произрастала в гнездах, откуда кукуруза была удалена.

В приведенном опыте лучший результат показал второй вариант, при котором тыква подсевалась в каждое третье гнездо в продольном и поперечном направлениях. Подобные результаты получены в пятом варианте, но тыква здесь размещалась посредине междурядий, что в значительной степени утрудняет механизацию междурядной обработки в поперечном направлении.

Аналогичный опыт по изучению уплотненных посевов был заложен в полевом севообороте учебно-опытного хозяйства УСХА «Теремки». Как уплотняющая культура здесь испытывались кабачки сорта Грибовские. Небольшие размеры плетей этого растения дают возможность использовать его, как уплотняющую культуру при меньшей ширине междурядий кукурузы в условиях Полесья УССР.

Выращивая кабачки, необходимо учитывать их биологическую особенность и сбор плодов производить при достижении их технической зрелости («зеленцами»), — это способствует увеличению урожая, используемого в системе зеленого конвейера.

Как и в предыдущем опыте, кабачки подсевали при появлении всходов кукурузы, и дальнейший уход за делянками уплотненных посевов ничем не отличался от ухода за чистыми посевами этой культуры. Результаты опыта уплотненных посевов кукурузы с кабачками приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние уплотняющей культуры на урожай кукурузы

(в *ц/га*)

Варианты	Схема опыта	Урожай кукурузы		Урожай кабачков (в *ц/га*)
		стеблей	зерна	
1	Кукуруза 70×70 *см* (контроль) . . .	131,5	58,50	—
2	Кукуруза + кабачки 2,1×2,1 *м* . . .	128,4	57,40	158,3
3	Кукуруза + кабачки 2,8×2,8 *м* . . .	128,4	57,90	121,3
4	Кукуруза + кабачки 2,1×2,1 *м* в гнезде без кукурузы	110,0	48,10	176,6
5	Кукуруза + кабачки 2,1×2,1 *м* посредине междурядия	132,0	58,30	167,8

Рассматривая данные приведенной таблицы, мы еще раз убеждаемся в отсутствии отрицательного влияния уплотняющей культуры на урожай кукурузы. Зафиксированное в опыте снижение урожая кукурузы на 1,1 *ц/га* выгодно компенсируется урожаем кабачков в количестве 158,3 *ц*. Из этого же опыта видно, что высший урожай бахчевых получен при площади питания 2,1 × 2,1 *м* и нет необходимости ее увеличивать.

В своей работе мы также изучили уплотненные посевы кукурузы с бобовыми культурами — фасолью. Как и в предыдущем опыте, подсев фасоли проводили при появлении всходов кукурузы, однако уплотняющая культура при этом подсевалась в каждое гнездо.

Наблюдая за ростом растений, мы заметили, что во второй половине вегетационного периода (фаза молочно-восковой спелости) кукуруза уплотненных посевов имела высоту растений больше на 10 *см* по сравнению с высотой чистых посевов этой культуры. Ниже приводим данные опыта, проведенного в колхозе им. Щорса, Сквирского района, Киевской области, в 1955 г. (табл. 3).

Таблица 3

Урожай уплотненных посевов кукурузы с фасолью
(в *ц/га*)

Варианты	Схема опыта	Урожай зерна кукурузы	Урожай фасоли
1	Кукуруза 70×70 *см* (контроль)	48,5	—
2	Кукуруза + фасоль по два стебля в гнезде	47,8	8,4
3	Кукуруза + фасоль по четыре стебля в гнезде	47,3	10,5

Приведенные данные еще раз подтверждают наш вывод об отсутствии угнетения кукурузы уплотняющей культурой.

Для получения полного представления о высокой эффективности уплотненных посевов мы провели пересчет урожая кукурузы и кормовой тыквы, собранного в колхозе им. Щорса, в кормовые единицы. Соответствующие данные приводятся в таблице 4.

Таблица 4

Выход кормовых единиц при уплотненных посевах кукурузы с кормовой тыквой
(в *кг/га*)

Варианты	Схема опыта	Выход кормовых единиц			В %
		кукуруза	тыква	всего	
1	Кукуруза 70×70 *см* (контроль) . . .	9021	—	9021	100
2	Кукуруза + тыква 2,1×2,1 *м*	8740	1602	10342	115
3	Кукуруза + тыква 2,8×2,8 *м* . .	8778	1270	10048	111
4	Кукуруза + тыква 2,1×2,1 *м* в гнезде без кукурузы	7374	1674	9048	100
5	Кукуруза + тыква 2,1×2,1 *м* в междурядиях кукурузы	8754	1620	10374	115

Как и следовало ожидать, наибольший сбор кормовых единиц получен на делянках второго и пятого вариантов, увеличение урожая при этом достигает 1300 кормовых единиц, что равноценно 10 *ц* полнозерного ячменя.

Практика показывает, что дополнительные затраты на выращивание уплотняющих культур исчисляются в сумме около 150 рублей на 1 *га*.

Таким образом, себестоимость одного центнера кормовой тыквы выражается невысокой цифрой — около 0,8 рубля.

Вышеизложенный расчет показывает экономическую выгодность уплотненных посевов кукурузы с другими культурами.

ВЫВОДЫ

1. Уплотняющие культуры (бахчевые и бобовые), подсеянные на расстоянии 8—10 *см* от гнезда, не угнетают растения кукурузы и не вызывают значительного снижения урожая этой культуры.

2. Уплотненные посевы кукурузы с бахчевыми дают увеличение урожая сухой массы с одного гектара на 1300 *кг* кормовых единиц, или на 115% больше, по сравнению с чистыми посевами этой культуры.

3. Лучшие результаты дает размещение кормовых бахчевых культур квадратами с площадью питания 2,1 × 2,1 *м*. Фасоль необходимо подсевать в каждое гнездо кукурузы.

4. Уплотненные посевы кукурузы с другими культурами представляют возможность полной механизации междурядной обработки посевов.

5. Небольшие дополнительные затраты и в связи с этим невысокая себестоимость единицы дополнительной продукции уплотненных посевов свидетельствуют о их высокой экономической эффективности.

Продолжая изучать лучшие приемы выращивания уплотненных посевов, необходимо рекомендовать их для широкого внедрения в сельскохозяйственное производство как важнейший резерв создания кормовой базы для социалистического животноводства.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

И. Л. КОЛОША,
доцент

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО СИЛОСНОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ НА ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ

Кукуруза является ценной кормовой и продовольственной культурой. Согласно указаниям XX съезда Коммунистической партии Советского Союза посевные площади, занятые кукурузой, в 1960 г. должны быть доведены в нашей стране до 28 млн. гектаров.

В животноводстве кукуруза используется на зеленый корм и силос, а также для приготовления концентрированных кормов.

Задачей наших исследований было выяснить влияние минеральных удобрений, нейтрализация их и известкования почвы на урожай силосной массы кукурузы и на накопление в ее листовом аппарате веществ, ценных в кормовом отношении, — протеина, золы и каротина.

Для решения поставленных задач в 1954 г. в учебно-опытном хозяйстве УСХА «Теремки», возле Киева, на темно-серых лесных почвах был проведен опыт. Повторность опыта четырехкратная. Размер учетной делянки 100 *кв. м.* Предшественник — озимая пшеница.

Для проведения исследований были использованы следующие удобрения: азотнокислый аммоний, содержащий 33,4% N, суперфосфат —19,6% P_2O_5, фосфоритная мука — 18,0% P_2O_5 и хлористый калий — 58,2% K_2O.

Известкование почвы и нейтрализация удобрений проведены углекислым кальцием. Удобрения вносились под глубокую зяблевую вспашку согласно схеме опыта (табл. 1). Известь внесена в количестве, соответствующем одной норме, рассчитанной по гидролитической кислотности. Для нейтрализации углекислый кальций взят, исходя из количества азотных удобрений, в соотношении 1 : 1.

Посев кукурузы проведен квадратно-гнездовым способом 14 мая 1954 г. Сорт кукурузы Борьба. Площадь питания 60 × 60 *кв. см.* Уход за почвой и растениями проводился согласно агротехническим правилам. Уборка силосной массы кукурузы проведена в молочно-восковой спелости совместно вегетативной массы и початков. В опыте были изучены следующие вопросы:

1. Эффективность одинарной дозы полного минерального удобрения (по 45 *кг/га* питательных веществ) и удвоенной дозы его (по 90 *кг/га* питательных веществ).

2. Эффективность удвоенных доз отдельных видов удобрений, внесенных в составе полного минерального удобрения.

3. Эффективность суперфосфата и фосфоритной муки, внесенных в состав полного минерального удобрения в основном удобрении.

4. Эффективность известкования почвы.

5. Эффективность нейтрализации удобрений, внесенных в основном удобрении.

Кроме того, в опыте было изучено влияние удобрений на накопление в листовом аппарате кукурузы сырого протеина, золы и каротина.

Учет урожая силосной массы проведен методом взвешивания всего урожая с учетной площади каждой делянки.

Общий азот определялся по микрокьельдалю (2). Количество полученного азота для пересчета на сырой протеин умножалось на 6,25.

Определение золы проводилось путем сухого озоления (4).

Каротин определялся путем обезвоживания растительной массы безводным сернокислым натрием и экстрагированием каротина бензином (3).

Данные, характеризующие влияние удобрений на урожай силосной массы кукурузы, приводим в таблице 1.

Таблица 1

Урожай силосной массы кукурузы (при уборочной влажности)

Варианты	Схема опыта	Урожай (в ц/га)	Прирост (в ц/га)	Урожай (в %)
1	Без удобрений	237,0	—	100
2	$N_{45}Pc_{45}K_{45}$	307,0	70,0	129,5
3	$N_{45}Pф_{45}K_{45}$	329,0	92,0	138,8
4	$N_{90}Pc_{45}K_{45}$	283,0	46,0	119,4
5	$N_{90}Pc_{90}K_{45}$	300,0	63,0	126,5
6	$N_{90}Pc_{90}K_{90}$	346,0	109,0	145,9
7	Известь 1 н. по г/к + $N_{90}Pc_{90}K_{90}$	349,0	112,0	147,2
8	$N_{90}Pc_{90}K_{90}$ (удобрения нейтрализованы углекислой известью)	362,0	125,0	156,9

Данные урожайности, приведенные в таблице 1, показывают, что применение удобрений является мощным фактором повышения урожая силосной массы кукурузы. При применении полного минерального удобрения в количестве по 45 *кг/га* каждого питательного вещества (N, P_2O_5 и K_2O) урожай повысился на 70 *ц/га*, а при удвоении этой дозы прирост урожая составил 109 *ц/га*. В данном случае урожай повысился на 45,9%. Удвоение дозы азотных удобрений, а также азотно-фосфорных в условиях данного года не было эффективным.

Известкование почвы, проведенное при одновременном удобрении кукурузы повышенной дозой полного минерального удобрения, не повлияло на урожай силосной массы кукурузы.

Нейтрализация удобрений, как видно из данных исследований (табл. 1), является высокоэффективным мероприятием. Применение нейтрализации обусловило повышение урожая силосной массы кукурузы на 11%, что является довольно существенным приростом урожая.

Значительный интерес представляет повышение эффективности полного минерального удобрения при внесении в его составе фосфоритной муки вместо суперфосфата, т. к. единица фосфора в фосфоритной муке обходится значительно дешевле, чем в суперфосфате. Таким образом, применение фосфоритной муки в условиях темно-серых лесных почв приводит к снижению себестоимости единицы продукции. В данном опыте применение фосфоритной муки не только привело к получению такого же урожая силосной массы кукурузы, как и применение суперфосфата, но

даже обусловило повышение его на 9,3%. Такая эффективность фосфоритной муки указывает на целесообразность широкого применения ее в основном удобрении при выращивании кукурузы на темно-серых лесных почвах.

Удобрение кукурузы также способствовало значительному повышению качества силосной массы. Данные, характеризующие влияние удобрений на качество силосной массы кукурузы, приводим в таблице 2.

Таблица 2

Содержание протеина, золы и каротина в листьях кукурузы

Варианты	Схема опыта	Сырой протеин	Зола	Каротин (в *мг* на 1000 *г* сырой массы)
		в % на абсолютно сухое вещество		
1	Без удобрения	14,4	9,6	56,2
2	$N_{45}Pc_{45}K_{45}$	15,9	10,3	68,1
3	$N_{45}Pф_{45}K_{45}$	16,2	10,7	78,8
4	$N_{90}Pc_{45}K_{45}$	17,3	9,9	80,4
5	$N_{90}Pc_{90}K_{45}$	16,8	10,4	82,6
6	$N_{90}Pc_{90}K_{90}$	16,1	10,5	81,9
7	Известь 1 н. по г/к + $N_{90}Pc_{90}K_{90}$	17,6	11,3	95,2
8	$N_{90}Pc_{90}K_{90}$ *кг/га* (удобрения нейтрализованы углекислым кальцием)	16,9	10,8	83,0

Как видно из данных, приведенных в таблице 2, удобрение кукурузы положительно отразилось на накоплении сырого протеина. Наиболее благоприятно на этом процессе отразилось применение повышенной дозы азота, а также известкование почвы. Применение повышенной дозы азота обусловило повышение содержания сырого протеина на 1,4%, а известкование почвы — на 1,5%.

Применение фосфоритной муки в составе полного минерального удобрения более благоприятно отразилось на накоплении сырого протеина в листьях кукурузы, чем применение суперфосфата.

Наиболее благоприятно на накоплении золы отразилось известкование почвы, применение нейтрализации удобрений и удобрение кукурузы полным минеральным удобрением, в составе которого была внесена фосфоритная мука.

Применение удобрений также положительно отразилось на накоплении каротина в листовом аппарате кукурузы.

Наиболее благоприятно на этом процессе отразилось известкование почвы. Растения, выращенные на известкованных участках, содержали каротина на 13,3 *мг* больше на 1000 *г* сырой массы, чем так же удобренные растения, но выращенные на неизвесткованных участках.

Внесение в составе полного минерального удобрения фосфоритной муки более благоприятно отразилось на накоплении каротина, чем внесение в составе того же удобрения суперфосфата.

Заслуживает особого внимания тот факт, что применение в составе полного минерального удобрения фосфоритной муки более благоприятно отразилось не только на урожае силосной массы кукурузы, но также и ее качестве, чем применение в составе того же удобрения суперфосфата. Эта особенность влияния фосфоритной муки на урожай и качество силосной массы кукурузы указывает на целесообразность широкого использования этого удобрения в основном удобрении кукурузы при выращивании ее на кислых почвах.

ВЫВОДЫ

1. При выращивании кукурузы на силос на темно-серых лесных почвах применение в основном удобрении полного минерального удобрения обусловливает значительный прирост силосной массы кукурузы.

2. Наиболее высокий прирост урожая силосной массы кукурузы при выращивании ее в этих условиях получен при внесении в основном удобрении полного минерального удобрения по 90 *кг/га* каждого питательного вещества, но единица питательных веществ оплачивается выше при внесении удобрений в количестве по 45 *кг/га* каждого питательного вещества.

3. При выращивании кукурузы на силос на темно-серых лесных почвах фосфорные удобрения в составе полного минерального удобрения целесообразно вносить в форме фосфоритной муки.

4. Известкование почвы, в условиях проведения опыта, не повлияло на высоту урожая силосной массы кукурузы.

5. Нейтрализация удобрений является высокоэффективным мероприятием, которое необходимо широко применить при выращивании кукурузы.

6. На накоплении сырого протеина, золы и каротина наиболее благоприятно отразилось известкование почв.

7. Применение повышенной дозы азотных удобрений способствовало накоплению сырого протеина и каротина.

8. Правильное удобрение кукурузы способствует не только повышению урожая, но и ее качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Резолюции XX съезда Коммунистической партии Советского Союза, Госполитиздат, 1956.

2. Панфилов В. Н., Иванов Н. Н. и др., Анализ сельскохозяйственных растений, Сельхозгиз, 1941.

3. Сапожников Д. Н., Новый метод определения каротина, ДАН СССР, т. X, № 6, 1948.

4. Шестаков А. Г., Руководство к практическим занятиям по агрохимии, ч. II, Сельхозгиз, 1940.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Е. В. ГЕРАСИМЕНКО,
кандидат сельскохозяйственных наук

В. М. КАЛИБЕРДА,
ассистент

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙ КУКУРУЗЫ

Правильная обработка почвы, применяемая соответственно к почвенно-климатическим условиям, имеет решающее значение в получении высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

До последнего времени система культурной обработки почвы, разработанная акад. В. Р. Вильямсом, применялась в сельскохозяйственном производстве повсеместно, без учета почвенных разностей и биологических особенностей культурных растений. При обработке плугом с предплужником верхний слой почвы ложится на дно борозды, а нижний, иногда с меньшим запасом питательных веществ, выворачивается наверх. На почвах с незначительным гумусовым горизонтом при обработке плугом с предплужником верхний слой почвы часто ухудшается и является менее благоприятным для произрастания растений в первоначальном возрасте, чем при обработке без оборота пласта.

Приемы обработки почвы, предложенные Т. С. Мальцевым, предусматривающие нечастое рыхление без оборота пласта с оставлением верхнего слоя, как наиболее плодородного, на поверхности почвы, имеют большое значение в полесских нечерноземных районах. Поэтому исследования глубокой безотвальной вспашки в сочетании с вспашкой плугом с предплужником и поверхностным рыхлением заслуживают большого внимания при обработке дерново-подзолистых почв.

Изучение приемов обработки почв применительно к местным почвенно-климатическим условиям мы проводили на опытном поле Украинской сельскохозяйственной академии. Почва опытного участка дерново-слабоподзолистая, пылевато-суглинистая. Опытное растение — кукуруза Харьковская 23.

Исследования проводились в травопольном севообороте с таким чередованием культур: 1) пар занятый (кукуруза на зеленый корм), 2) озимая пшеница, 3) картофель, 4) ячмень с подсевом трав, 5) травы, 6) озимая пшеница, 7) кукуруза, 8) овес.

Изучение приемов основной обработки почвы под кукурузу, идущую по озими, проводилось по такой схеме:

1. Вспашка плугом с предплужником на глубину 22—23 *см*.
2. Поверхностное лущение на 8—10 *см*.
3. Вспашка без оборота пласта на 22—23 *см*.
4. Вспашка без оборота пласта на 30 *см*.

Различные приемы обработки почвы проводились по предварительно взлущенному полю. Ранней весной на участках всех вариантов опыта было произведено боронование, культивация с последующим боронованием. Под культивацию было внесено полное минеральное удобрение по 60 *кг/га* питательных веществ в таких формах: аммиачная селитра, суперфосфат и калийная 40-процентная соль. Перед посевом была проведена вторая культивация с боронованием. Посев кукурузы провели 5 мая 1955 г. квадратно-гнездовым способом при площади питания 65 × 65 *см*.

Наблюдения за динамикой влаги в почве показали, что глубокая вспашка почвы способствует лучшему накоплению влаги в пахотном горизонте, чем поверхностное рыхление.

Данные, характеризующие водный режим в связи с приемами обработки почвы, свидетельствуют о преимуществе глубокой безотвальной вспашки на глубину 30 *см*. Частые дожди в течение мая несколько сгладили разницу в степени увлажнения почвы по вариантам опыта в весенний период, что видно из таблицы 1.

Таблица 1

Содержание влаги в почве под влиянием различных приемов обработки
(в % к абсолютной сухой почве)

Схема опыта	Горизонты (в *см*)	Время наблюдений				
		24.IV	5.V	2.VI	27.VII	5.X
Вспашка плугом с предплужником на 22 *см*	0—10	20,96	18,50	17,17	18,82	11,07
	10—20	20,37	18,50	18,26	14,90	10,61
	20—30	19,57	17,60	17,28	15,00	9,25
Поверхностное рыхление на 8—10 *см*	0—10	20,16	11,65	17,91	10,00	9,95
	10—20	19,38	16,10	18,68	11,00	9,01
	20—30	18,16	17,95	18,48	14,54	9,00
Вспашка без оборота пласта на 22—23 *см*	0—10	20,88	14,20	16,65	13,75	10,60
	10—20	20,94	17,51	18,94	14,34	11,66
	20—30	20,72	18,93	18,47	15,21	—
Вспашка без оборота пласта на 30 *см*	0—10	23,10	18,71	17,14	14,00	9,42
	10—20	22,85	18,91	18,92	14,91	9,62
	20—30	24,20	18,13	—	16,58	9,32

Из приведенных данных видно, что наименьший запас влаги на глубине пахотного слоя был отмечен в июле по варианту поверхностного рыхления без применения вспашки. Здесь влажность почвы на глубине 0—10 *см* соответствовала 10% и на глубине 10—20 *см* — 11 %, в то время как по культурной вспашке влажность была на 3% выше, а по глубокой (на 30 *см*) безотвальной вспашке, в этих же горизонтах, влаги соответственно содержалось 14—14,9%; почти на 4—5% больше.

В период уборки кукурузы наименьший запас влаги в пахотном слое почвы был также зафиксирован на участках с поверхностным рыхлением почвы.

Как видим, поверхностное рыхление почвы на глубину 8—10 *см* не может создать благоприятного водного режима во время вегетации, даже при достаточном количестве осадков в весенний период.

В весенне-летний период мы провели учет корневых и пожнивных остатков озимой пшеницы (предшественника кукурузы) по вариантам опыта, чтобы установить влияние приемов обработки почвы на интен-

сивность разложения органических остатков. Для наблюдения за ходом разложения органических остатков нами были выделены на каждом варианте опыта небольшие участки, свободные от растений кукурузы, и поддерживались в чистом виде. Пробы корневых и стерневых остатков брали специальным буром на глубину 22 *см*, т. е. на глубину пахотного слоя. В таблице 2 приводятся данные учета корневых и стерневых остатков.

Таблица 2

Количество воздушно-сухой массы корневых и стерневых остатков в почве по различным вариантам обработки почвы (в *ц/га*)

Схема опыта	Время наблюдений	
	2.VI	5.X
Культурная вспашка на 22—23 *см*	20,17	4,20
Поверхностное рыхление на 8—10 *см*	19,50	3,63
Вспашка без оборота пласта на 22—23 *см*	23,77	6,34
Вспашка без оборота пласта на 30 *см*	23,20	6,64

Из данных таблицы 2 видно, что количество корневых и стерневых остатков в воздушно-сухом состоянии в летний период (2. VI) колебалось от 19,5 до 23,77 *ц/га*. Средний вес корневых остатков из пяти повторений показывает, что менее интенсивно проходит процесс разложения органических остатков на участках под влиянием глубокой вспашки плугами без отвалов. На участках же поверхностного рыхления процесс разложения корневых и стерневых остатков озимой пшеницы проходит значительно интенсивнее, чем в почве при применении глубокой культурной и безотвальной вспашки. При вспашке без оборота пласта значительная часть растительных остатков, особенно стерневых, находится на поверхности почвы и меньше подвергается процессам разложения.

Аналогичные данные получены и при учете органических остатков в период уборки кукурузы (5.X 1955 г.).

Как видим, наши исследования показали, что разложение стерневых и корневых остатков не заканчивается и на следующий год после вспашки почвы, под покровом пропашной культуры, независимо от приемов основной обработки. Все же больше всего неразложившейся органической массы остается в почве, обработанной безотвальными плугами, а не обычными отвальными. Корневые и стерневые остатки являются своего рода мульчей, защищающей почву в условиях Полесья от ветровой и водной эрозии; кроме того, уменьшают процесс выщелачивания подвижных элементов.

Торможение процесса разложения органического вещества под влиянием глубокой безотвальной обработки дерново-подзолистых почв способствует также улучшению физических свойств почвы, что является фактором повышения почвенного плодородия (табл. 3 и 4).

В таблице 3 приводятся данные исследуемых свойств почвы, как общая скважность и объемный вес почвы, которые наиболее характеризуют водные и воздушные свойства и характер разложения органических веществ в почве.

Из данных таблицы видно, что общая скважность в верхнем горизонте почвы (0—10 *см*) наиболее выражена по вариантам безотвальной вспашки. Здесь она доходит до 48% от объема почвы. Повышенная скважность

почвы обусловливается более рыхлым строением верхней части пахотного слоя, что и подтверждает более низкий объемный вес почвы.

Таблица 3

Общая скважность и объемный вес почвы под влиянием различных приемов обработки почвы под кукурузу в период посева

Схема опыта	Горизонты (в *см*)	Общая скважность (в %)	Объемный вес почвы
Культурная вспашка на 22 *см*	0—10	44,0	1,39
	10—20	40,0	1,51
	20—30	38,0	1,56
Поверхностное лущение на 8—10 *см*	0—10	45,0	1,38
	10—20	38,0	1,56
	20—30	36,0	1,60
Вспашка без оборота пласта на 22 *см*	0—10	47,0	1,32
	10—20	40,0	1,51
	20—30	37,0	1,58
Вспашка без оборота пласта на 30 *см*	0—10	48,0	1,30
	10—20	39,0	1,53
	20—30	37,0	1,58

Таблица 4

Количество нитратного и аммиачного азота в почве
(в *мг* на 1 *кг* почвы)

Схема опыта	Глубина горизонта (в *см*)	24.IV		27.VII	
		нитраты	аммиак	нитраты	аммиак
Культурная вспашка на 22 *см*	0—10	2,10	7,20	43,20	12,70
	10—20	2,10	7,30	29,30	10,20
	20—30	1,60	7,40	13,60	9,60
Лушение на 8 *см*	0—10	6,70	5,30	63,40	2,00
	10—20	10,40	9,90	11,90	9,00
	20—30	1,60	5,00	6,50	9,90
Безотвальная вспашка на 22 *см*	0—10	4,80	7,40	46,00	10,40
	10—20	2,80	17,60	16,20	9,30
	20—30	2,00	15,00	7,30	12,90
Безотвальная вспашка на 30 *см*	0—10	7,40	11,30	51,50	12,80
	10—20	3,60	11,40	29,50	10,80
	20—30	4,10	9,20	6,60	10,40

При вспашке плугом с предплужником плотность почвы в этом горизонте несколько больше, уменьшается и общая скважность, что, очевидно, связано со способностью заплывания выворачиваемого слоя.

Несколько выше общая скважность и меньший объемный вес в верхнем горизонте (0—10 *см*) при применении поверхностного рыхления в сравнении с культурной вспашкой.

В нижних горизонтах пахотного слоя (10—20 и 20—30 *см*) наилучшие физические свойства почвы отмечались по варианту, где применялась культурная вспашка плугом с предплужником, здесь общая скважность почвы была около 40% и 38%, а объемный вес составлял — 1,51 и 1,56. В то время, как при глубокой безотвальной пахоте отмечалось заметное

уменьшение общей скважности (39—37%) и увеличение плотности почвы, где объемный вес составлял 1,53 и 1,58.

При применении поверхностного рыхления на глубину 8—10 *см* почва глубже взрыхленного слоя была значительно плотнее, чем при культурной пахоте на этой глубине (объемный вес составлял — 1,56 и 1,6; менее была выражена и общая скважность).

В связи с уплотнением почвы в нижних горизонтах пахотного слоя ухудшались и микробиологические процессы по этим вариантам опыта, что видно из таблицы 4.

Из данных таблицы 4 видно, что в весенний период процесс нитрификации более интенсивно проходил в верхнем горизонте почвы и, особенно, при применении поверхностного рыхления почвы; меньше нитратов было отмечено при вспашке безотвальным плугом и наименьше при культурной вспашке. В нижних же горизонтах пахотного слоя нитратов больше содержалось при безотвальной пахоте.

Процессы аммонификации в этот период более интенсивно протекали в пахотном слое почвы при безотвальной пахоте; меньшее количество аммиака было отмечено при применении других приемов обработки почвы.

В летний период (27.VII) общее количество нитратов в пахотном слое почвы содержалось больше всего на участках с применением культурной пахоты. Здесь процессы нитрификации были достаточно развиты как в верхнем, так и в нижнем горизонте почвы. При поверхностной обработке, а также и безотвальной пахоте процессы нитрификации более интенсивно протекали только в верхнем горизонте почвы (0—10 *см*), в нижних же слоях пахотного слоя, где почва была более уплотненной, процессы нитрификации протекали значительно медленнее.

Влияние различных приемов обработки почвы также сказалось на появлении всходов кукурузы, на приросте массы стеблей, появлении султанов, на урожае общей массы и початков (табл. 5).

Таблица 5

Рост и развитие растений кукурузы в зависимости от приемов обработки почвы

Схема опыта	Вес воздушно сухой массы 50 растений в период прорывки (в *г*)	Количество султанов на 27.VII (в %)	Средняя высота стебля 27.VII (в *см*)	Вес 50 растений (в *кг*) в период уборки	
				общей массы	початков
Культурная вспашка на 22 *см*	22,95	19,6	78,0	15,0	8,5
Поверхностное рыхление на 8—10 *см*	24,65	33,0	87,0	20,0	9,5
Безотвальная вспашка на 22 *см*	21,20	20,6	83,0	17,0	8,0
Безотвальная вспашка на 30 *см*	19,10	13,3	70,0	23,0	9,5

Как видно из таблицы 5, более интенсивный рост кукурузы был отмечен на участках с применением поверхностного рыхления почвы; на этом варианте раньше было отмечено и появление султанов. Некоторое отставание в росте и развитии кукурузы наблюдалось в ранние периоды на участках безотвальной пахоты на глубину 30 *см*. В конце вегетации наиболее мощного развития достигла кукуруза на вариантах с применением безотвальной вспашки на 30 *см*. Здесь средний вес 50 растений составлял 23 *кг*, а с участков при культурной вспашке — 15 *кг*.

Из данных таблицы 6 также видно, что самый высокий урожай как общей массы, так и початков был на участках, где применялась

глубокая безотвальная вспашка. Несколько меньший урожай был получен при культурной вспашке. Поверхностное рыхление почвы (8—10 *см*) не оказало существенного влияния на урожай початков кукурузы по сравнению с культурной пахотой.

Таблица 6

Урожай кукурузы в зависимости от приемов обработки почвы (в *ц/га*)

Приемы обработки	общей массы	початков
Культурная вспашка на 22 *см*	91,00	45,60
Поверхностное рыхление на 8—10 *см*	101,33	44,50
Безотвальная вспашка на 22 *см*	95,35	51,65
Безотвальная вспашка на 30 *см*	140,67	54,12

Следует отметить, что при поверхностной обработке, как и при безотвальной пахоте, общее количество сорняков было значительно большее, чем на участках при культурной вспашке.

ВЫВОДЫ

1. Приемы обработки почвы оказали различное влияние на накопление влаги в почве. При глубокой безотвальной пахоте количество влаги в пахотном слое в весенне-летний период было несколько большим, чем при культурной вспашке. Наименьший запас влаги в летний период оказался при поверхностной обработке почвы.

2. При глубокой безотвальной обработке почвы значительная часть растительных остатков, особенно стерневых, находится на поверхности почвы и является своего рода мульчей, защищающей почву от заплывания, а также от ветровой и водной эрозии.

3. Под влиянием глубокой безотвальной обработки дерново-подзолистых почв улучшаются физические свойства почвы в верхнем горизонте пахотного слоя. При обычной вспашке плугом с предплужником плотность почвы в верхнем горизонте пахотного слоя несколько увеличивается в связи с выворачиванием нижнего пахотного слоя почвы на поверхность. В нижних горизонтах при этой вспашке увеличивается общая скважность.

4. Развитие кукурузы проходило более интенсивно в ранние фазы на участках, где проводилась культурная вспашка и поверхностная обработка почвы; при глубокой безотвальной пахоте в начале отмечалось некоторое отставание в росте.

5. Наиболее высокий урожай кукурузы как общей массы, так и початков был собран с участков, где проводилась глубокая безотвальная пахота. Поверхностное рыхление почвы на 8—10 *см* не оказало существенного влияния на урожай початков кукурузы по сравнению с культурной вспашкой.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. И. МОЙСЕЕНКО,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА УРОЖАЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ПОЛЕСЬЯ УССР

В Директивах XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 гг. поставлена огромная задача перед сельским хозяйством — довести валовой сбор зерна не менее, чем до 11 млрд. пудов в год.

В выполнении этой задачи большое значение имеет расширение посевов кукурузы и повышение ее урожайности. Ценность этой культуры состоит в том, что она одновременно решает две задачи — получение зерна и хорошего силоса. По урожайности зерна и зеленой массы кукуруза превосходит все другие кормовые культуры.

В повышении урожайности сельскохозяйственных растений важная роль принадлежит удобрениям.

Удобрения являются значительным фактором повышения использования почвенного плодородия, что имеет большое значение в получении высоких и устойчивых урожаев. Об этом убедительно говорил еще К. А. Тимирязев, подчеркивая, что «Удобрив почву селитрой, мы дали растению возможность использовать не только это удобрение, но и естественное плодородие почвы».

Опыт научных учреждений и практика передовых колхозов показывают, что наибольшее повышение урожая получается при совместном применении органических и минеральных удобрений.

Учитывая недостаточность разработки системы питания кукурузы в условиях южного Полесья УССР, нами в настоящей работе поставлена задача выяснить следующие вопросы:

1. Влияние удобрений на рост и развитие надземной массы.
2. Изменение содержания хлорофилла в листьях кукурузы в зависимости от органо-минеральных смесей и возраста растений.
3. Эффективность гнездового внесения органо-минеральных смесей на урожай и качество кукурузы.

Исследования проводились в полевых и лабораторных условиях. Полевые опыты заложены на участке учебно-опытного хозяйства УСХА «Теремки» на дерново-подзолистой почве.

Повторность троекратная, учетная делянка 100 *м*². Для опытов использовался районированный сорт Харьковская 23. Кукуруза высевалась квадратно-гнездовым способом — 70 ×70 *см* с оставлением в каждом гнезде по 2 растения.

Предшественником на опытном участке была озимая пшеница, идущая по клеверному пару.

Минеральные удобрения, в количестве: по 1 *ц/га* аммиачной селитры, 2 *ц/га* суперфосфата и 0,75 *ц га* калийной 45-процентной соли, были внесены под первую весеннюю культивацию, проведенную на глубину 10 *см*. Перед посевом кукурузы 14.V выполнили вторую культивацию на 8 *см* с боронованием и каткованием, а также маркировку участка — 70 × 70 *см*.

Посев проведен 16.V протравленными гранозаном и опудренными гексахлораном семенами, при одновременном внесении в гнезда органо-минеральных смесей согласно принятой схеме.

Рис. 1. Динамика роста растений в высоту.

Удобрения вносились в таком количестве: перегноя по 200 и 500 *г* в гнездо, суперфосфата 5 и 10 *г*.

За посевом организовали хороший уход, который состоял в бороновании всходов, прорывке растений и троекратном рыхлении междурядий в продольном и поперечном направлениях. В период цветения растений создали благоприятные условия для оплодотворения путем дополнительного двухкратного опыления, первое — через три дня от начала цветения, а второе — через два после первого. Уборку кукурузы провели 8.X при полной спелости зерна.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В связи с прохладной весной и относительно большим количеством осадков рост растений проходил очень медленно, что можно видеть из представленных графиков по динамике роста растений в высоту (рис. 1).

Из приведенных данных видно, что после всходов (26.V) в течение 50 дней кукуруза росла очень медленно и имела высоту к 16.VII всего 31,5 *см* на контроле и 49,4 *см* в пятом варианте, где внесено в гнездо по 500 *г* перегноя. Начиная с 16.VII, отмечается быстрый рост растений в высоту, в особенности в пятом варианте, где ежесуточный прирост составлял 70 *мм*.

Причем такой интенсивный прирост наблюдается на протяжении двух декад в период выхода в трубку и заканчивается при цветении султанов, а при наступлении репродуктивной фазы рост растений в высоту вовсе прекращается.

Наибольшую высоту кукуруза имела к концу вегетации в пятом варианте, в котором в каждое гнездо было внесено по 500 *г* перегноя.

Органо-минеральные удобрения оказали весьма существенное влияние на нарастание зеленой массы и накопление сухого вещества.

Данные о влиянии удобрений на динамику образования вегетативной массы кукурузы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Динамика нарастания вегетативной массы кукурузы в зависимости от органо-минеральных удобрений

Варианты	Удобрения	Дата появления всходов	Вес десяти растений (в *г*): 6.VII — вегетативный рост, сырой	6.VII — вегетативный рост, воздушно-сухой	6.VIII — цветение, сырой	6.VIII — цветение, воздушно-сухой	30.VIII — фаза молочной спелости, сырой	30.VIII — фаза молочной спелости, воздушно-сухой	20.IX — фаза восковой спелости, сырой	20.IX — фаза восковой спелости, воздушно-сухой
1	Контроль	26.V	42,6	6,8	4000	780,0	6540	2192,8	3855	2870,1
2	200 *г* перегноя	26.V	90,7	11,3	6500	1235,0	12570	4022,4	6375	3952,5
3	200 *г* перегноя + 5 *г* суперфосфата	26.V	151,6	23,5	7500	1425,0	11620	3718,4	6818	4145,2
4	200 *г* перегноя + 10 *г* суперфосфата	26.V	181,5	27,9	7750	1472,5	11840	3788,8	6875	4242,5
5	500 *г* перегноя	26.V	236,0	36,6	9980	1896,2	14870	4658,4	8195	5080,9

Как показывают данные таблицы 1, наибольшая интенсивность образования надземной массы наблюдается в период с 26.VII по 16.VIII.

Особенно высокий рост 10 растений был в варианте с внесением в гнездо навоза (вариант 5). Органические удобрения, внесенные в гнезда в количестве по 500 *г*, постепенно разлагаясь под действием микроорганизмов, обеспечивают растения в достатке питательными веществами, что и вызывает максимальный прирост кукурузы в этот период.

При этом следует отметить, что период максимального накопления сырой массы не совпадает с темпами роста растений в высоту.

На основании проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Прирост сырой массы у кукурузы идет до молочной спелости, когда он достигает максимума. С этого времени в связи с понижением содержания воды в растении вес зеленой массы уменьшается.

2. Накопление сухого вещества идет вплоть до полного созревания, причем наиболее интенсивен этот процесс в фазе налива зерна. К этому времени растения должны получить все необходимые питательные вещества.

3. Необходимо одновременно с початками убирать и вегетативную массу, так как в стеблях кукурузы к созреванию понижается содержание воды до 50—60%.

Такая влажность вегетативной массы не обеспечивает нормального процесса силосования, а поэтому при запаздывании с уборкой к стеблям и листьям кукурузы необходимо добавлять сочные корма с тем, чтобы процесс силосования проходил нормально по холодному типу.

Удобрения оказывают существенное влияние как на выход продукции, так и на качество ее (процент белка, углеводов, хлорофилла, витаминов).

Хлорофилл, как известно, имеет большое значение для формирования урожая, о чем еще в свое время указывал К. А. Тимирязев.

Кроме того, хлорофилл является весьма ценным элементом в питании сельскохозяйственных животных.

Значение этого вещества в жизни животных объясняется наличием химического родства между зеленым пигментом листа и гемоглобином — пигментом крови животных.

Количество хлорофилла находится в существенной зависимости от удобрений и фазы роста растений, что можно видеть из таблицы 2.

Таблица 2

Влияние удобрений на содержание хлорофилла в листьях кукурузы

Варианты	Удобрения	Количество хлорофилла в 1 *г* зеленых листьев (в *мг*)				
		6.VII	16.VII	26.VII	6.VIII	16.VIII
1	Контроль	2,500	2,565	2,540	2,500	5,157
2	200 *г* перегноя	1,650	3,025	1,825	3,862	4,750
3	200 *г* перегноя + 5 *г* суперфосфата	2,350	2,562	2,475	2,560	5,622
4	200 *г* перегноя + 10 *г* суперфосфата	1,525	2,140	2,752	3,267	4,300
5	500 *г* перегноя	2,750	3,450	2,887	2,832	5,207

Из приведенных данных видно, что наибольшее количество хлорофилла накапливается в листьях кукурузы в фазе молочно-восковой спелости и в особенности в третьем варианте, где в каждое гнездо внесено по 200 *г* перегноя и 5 *г* суперфосфата.

По вариантам опыта закономерности в количестве хлорофилла не наблюдалось.

При силосовании початков кукурузы в фазе молочно-восковой спелости необходимо в это же время проводить силосование стеблестоя, что дает возможность заложить большое количество хорошего корма, в котором содержится высокий процент зеленого пигмента.

Органо-минеральные удобрения оказали значительное влияние как на ход ростовых процессов во время вегетации растений, так и на величину урожая.

Данные о влиянии удобрений на урожай кукурузы при внесении их в гнездо на дерново-подзолистой почве приведены в таблице 3.

Из данных таблицы видно, что наивысший урожай зерна кукурузы получен в пятом варианте, где в каждое гнездо вносилось по 500 *г* перегноя. Здесь же наблюдается и наивысший урожай вегетативной массы.

Анализируя урожайные данные, можно убедиться, что наибольшую прибавку кукурузы на единицу удобрения получено в четвертом вари-

анте, где на 1 *т* перегноя в смеси с 50 *кг* суперфосфата приходится 8,84 *ц* зерна, в то время как в пятом варианте только 4,18 *ц*.

Таблица 3

Влияние органо-минеральных смесей на урожай

Варианты	Удобрения	Урожай зерна кукурузы		Урожай вегетативной массы		Общий урожай в кормовых единицах	
		в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %
1	Контроль	39,35	100,0	64,00	100,0	64,39	100,0
2	200 *г* перегноя	64,67	164,3	170,10	265,8	117,98	184,6
3	200 *г* перегноя + 5 *г* суперфосфата	70,50	178,4	139,48	217,9	119,79	186,0
4	200 *г* перегноя + 10 *г* суперфосфата	74,70	189,8	141,41	220,9	125,30	199,7
5	500 *г* перегноя	81,18	206,3	219,08	357,7	150,49	233,7

Поэтому, учитывая эффективность удобрений, можно рекомендовать локальное внесение органо-минеральных смесей, состоящих из 200 *г* перегноя и 10 *г* суперфосфата в каждое гнездо, что составляет 4 *т* перегноя и 2 *ц* суперфосфата на гектар.

Удобрения оказали значительное влияние и на качество продукции— на структуру урожая.

Таблица 4

Влияние органо-минеральных удобрений на структуру урожая кукурузы

Варианты	Удобрения	Отношение: зерна в початках к общему урожаю	Отношение: вегетативной массы к общему урожаю	Средняя длина початка (в *см*)	Отношение: зерна к общему весу початка	Отношение: стержня к общему весу початка	Абсолютный вес зерна: в *г*	Абсолютный вес зерна: в %
1	Контроль	43,7	56,3	18,2	78,4	21,6	260,0	100,0
2	200 *г* перегноя	33,0	67,0	18,6	76,0	24,0	300,3	115,4
3	200 *г* перегноя + 5 *г* суперфосфата	39,0	61,0	16,5	79,0	21,0	290,0	111,5
4	200 *г* перегноя + 10 *г* суперфосфата	39,7	60,3	18,7	79,8	20,2	300,3	115,4
5	500 *г* перегноя	30,7	69,3	17,8	74,8	25,2	298,0	114,6

Из приведенных данных видно, что наилучшее отношение зерна в початках к общему весу получено в контрольном варианте, на котором низкий урожай початков сопровождается еще более низким выходом вегетативной массы. Наименьшее отношение веса зерна в початках получено в 5 варианте, на котором растения не полностью использовали свою рабочую ассимиляционную поверхность, самое высокое — в четвертом. Такая закономерность может быть объяснена влиянием фосфорных удобрений на рост корневой системы и надземной массы растений в начальный период и ускорение развития при наливе зерна.

ВЫВОДЫ

1. Внесение органо-минеральных смесей оказывает влияние на общий ход роста растений, что сказывается на урожайности вегетативной массы и зерна.

2. Для повышения урожая зерна кукурузы на дерново-подзолистой почве необходимо вносить в каждое гнездо по 200 *г* перегноя в смеси с 10 *г* суперфосфата или по 500 *г* перегноя.

3. Наибольшая прибавка зерна на единицу удобрений получена при локальном внесении 4 *т* перегноя и 2 *ц* суперфосфата на гектар.

4. Проведенные опыты свидетельствуют о том, что на дерново-подзолистых почвах Полесья при достаточном внесении удобрений и правильной агротехнике можно получать высокие урожаи зерна и зеленой массы кукурузы.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. А. Тимирязев, Сочинения, т. III, 1937.
2. П. А. Власюк и П. З. Лисовал, Земледелие, № 7, 1955.
3. Т. Д. Лысенко, О почвенном питании растений и повышении урожайности с.-х. культур, Сельхозгиз, 1954.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Т. Т. ДЕМИДЕНКО,
член-корреспондент АН УССР

А. Ф. СОРОЧЕНКОВ,
ассистент

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И УДОБРЕНИЙ НА ПОСТУПЛЕНИЕ И ДИНАМИКУ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНАХ ГРЕЧИХИ

Из всех возделываемых в нашей стране зерновых культур гречиха остается наименее изученным растением, или, как часто ее называют, «полузагадочной культурой».

Урожаи гречихи во всех почвенно-климатических зонах Советского Союза очень низкие и отличаются крайней неустойчивостью.

Между тем, гречиха по своей биологической природе способна давать довольно высокие урожаи.

В практике земледелия известны, например, случаи, когда в некоторые годы урожайность этой культуры нередко достигает 20—30 *ц/га*, а в 1944 г. звеньевая колхоза «1 Мая», Белопольского района, Сумской области, Е. М. Турчина вырастила по 39 *ц* гречихи с одного гектара (9).

Примеров получения высоких урожаев гречихи имеется очень много, однако до сих пор не представляется возможным гарантировать ежегодный сбор гречихи хотя бы по 15 *ц/га*, в то время как озимая пшеница, высеваемая на юге УССР по черным парам, даже в самые неблагоприятные годы, при проведении соответствующей агротехники дает довольно высокий урожай.

Таким образом, чтобы получать высокие и устойчивые урожаи гречихи, надо начать более подробное изучение всех физиологических процессов, протекающих в растении, учитывая метеорологические условия и применяемую агротехнику.

В направлении решения этого вопроса и проводилась настоящая работа.

В своих опытах, проведенных в 1954 г. в колхозе им. Сталина, Дымерского района, Киевской области, на дерново-среднеподзолистых песчано-легкосуглинистых почвах нами, начиная от бутонизации, производился отбор вегетативных проб для определения в листьях, стеблях и репродуктивных органах растворимых и нерастворимых форм азота, нерастворимого фосфора и физиологически необходимых в период жизнедеятельности растений пластических веществ, т. е. моно- и дисахаров.

Образцы отбирались по двум вариантам — с неудобренного контроля и с участка, где было внесено полное минеральное удобрение — по 45 *кг* питательных веществ (азота, фосфора и калия) на гектар. Удобрения вносились под предпосевную культивацию вразброс: азотные — в форме аммиачной селитры, фосфорные — суперфосфата и калийные — 40-процентной калийной соли.

Посев гречихи был произведен 29 мая во влажную и хорошо прогретую почву; дружные всходы появились 5 июня, а 21 июня уже началась бутонизация.

Учитывая, что урожай создается в течение всего периода вегетации, а с момента формирования репродуктивных органов все биохимические процессы в растениях особенно усиливаются, мы пытались уловить срок наибольшего накопления основных питательных веществ в органах гречихи. Так как гречиха отличается непрерывным ростом всех органов (листьев, стеблей, корней) в течение всего периода вегетации и длительным цветением, то и все физиологические процессы у нее протекают отлично от других зерновых культур, у которых наблюдается определенная дифференциация отдельных подготовительных этапов. Так, например, у яровой пшеницы пластический материал, создаваемый ассимиляционным аппаратом, направляется на формирование определенных органов в различные фазы роста. В начале периода вегетации пластические вещества и зольные элементы идут в основном на построение корневой системы, затем на построение надземных органов, после завершения которого максимум ассимилятов и зольных элементов поступает в органы плодоношения.

В своих исследованиях Т. Т. Демиденко и Р. А. Баринова (2) показали, что моно- и дисахара, достигая наибольшей величины в листовой пластинке и стеблях у яровой пшеницы в фазе колошения, поступают в дальнейшем в колос и зерно. В то же время при формировании зерновки сначала происходит усиленное передвижение азота, фосфора и калия в колос, а затем в зерно, в котором постепенно увеличивается количество белка.

У гречихи, обладающей способностью продолжать интенсивный рост вегетативных органов во время цветения и плодообразования, такой закономерности, как у яровой пшеницы, не наблюдается, а поэтому цветки, раскрывшиеся на растениях позже, испытывают большой недостаток в питательных веществах и влаге. Это и служит, по-видимому, одной из главных причин отмирания цветков, так как ранее завязавшиеся плоды «перехватывают» значительную часть элементов питания, необходимых для нормального формирования позже появившихся бутонов, цветков и, тем более, плодов.

Принимая во внимание особенности роста и развития гречихи, мы в своих исследованиях пытались вскрыть зависимость между метеорологическими условиями, в которых проходило формирование урожая, и некоторыми биохимическими показателями, имеющими большое значение в жизнедеятельности растения.

В таблице 1 приводятся средние метеорологические данные по декадам, предшествовавшим времени отбора проб для биохимических анализов.

Таблица 1

Метеорологические условия в период от бутонизации до уборки гречихи

Показатели	12—21 июня (10 дней)	22 июня—1 июля (10 дней)	2—11 июля (10 дней)	12—21 июля (10 дней)	22—31 июля (10 дней)	1—11 августа (11 дней)
Осадки в *мм* (сумма)	55,5	0,7	39,7	18,0	20,2	31,8
Среднесуточные температуры воздуха	22,3	23,5	21,9	19,3	18,9	22,0
Относительная влажность воздуха в 13.00	54,7	50,3	61,0	58,4	64,0	53,4
Средняя температура почвы на глубине 10 *см*	24,0	25,7	23,9	22,1	20,7	22,7
Средняя температура почвы на глубине 15 *см*	23,1	25,0	23,6	21,5	20,3	22,2

Из таблицы следует, что осадки за период от бутонизации до уборки распределялись неравномерно. До периода бутонизации их выпало 55,5 *мм*, а в период наиболее интенсивного цветения (от 22 июня по 1 июля) всего 0,7 *мм*, что и явилось, может быть, одной из существенных причин, повлиявших на величину урожая, который по неудобренному контролю равнялся 7,8 *ц* и при внесении $N_{45}P_{45}K_{45}$ — 8,7 *ц/га*.

В дальнейшем осадки выпадали более равномерно, но повысить значительно урожай уже они не могли, так как у гречихи, хотя период цветения и растянут, зерно более высокого качества дают первые цветки и в дальнейшем питательные вещества направляются в наибольших количествах к уже завязавшимся репродуктивным органам, а вновь распускающиеся цветки отмирают из-за недостатка питания (3).

Кроме того, Е. А. Кобозевой установлено (6), что если от всходов и до бутонизации бывает достаточно влаги в почве, то соцветий закладывается больше, чем при низкой влажности.

В то же время это огромное количество образовавшихся цветков требует больших запасов влаги и питательных веществ в почве в процессе цветения, а в условиях 1954 г. получилось как раз наоборот, так как период до бутонизации отличался значительным количеством осадков, а начиная со времени цветения их выпало очень мало.

Вместе с тем, во время полного цветения высокие среднесуточные температуры воздуха и почвы (воздуха 23,5°, почвы на глубине 10 *см* — 25,7° и на глубине 15 *см* — 25°) сопровождались наименьшей относительной влажностью воздуха, что, естественно, также неблагоприятно отразилось на всех физиологических процессах формирования урожая.

Принимая во внимание, что моно- и дисахара являются одним из наиболее важных продуктов фотосинтеза, без которых не происходит синтеза более сложных соединений, мы сочли необходимым остановиться на изучении вопроса динамики этих веществ в органах гречихи.

Данные, показывающие передвижение моно- и дисахаров в органах гречихи, приводятся в таблице 2.

Рассматривая цифры таблицы 2, можно видеть, что в варианте, где не вносились удобрения, в листьях гречихи содержится больше моно- и дисахаров, начиная от бутонизации и до созревания, что связано, по нашему мнению, с неблагоприятными климатическими условиями. В то же время в стеблях растений, отобранных с удобренных делянок, скоплялось значительное количество моносахаров, что характерно для растений с нарушенным обменом веществ, т. е. моносахара, являющиеся наиболее подвижным пластическим материалом, должны переходить в более сложные соединения типа углеводов и белков, которые откладываются в репродуктивных органах.

Кроме того, исследованиями Н. П. Воскресенской (1) установлено, что в листьях может увеличиваться содержание моноз при недостатке калия, а поэтому, весьма вероятно, внесение азота, фосфора и, особенно, калия в почву способствовало более быстрому оттоку моносахаров в органы плодоношения.

Наряду с этим, при засухе происходит усиленный распад сахарозы и даже крахмала, что приводит к накоплению большого количества моносахаров в транспортирующих органах — стеблях (10), что вполне отвечает метеорологическим условиям от 22 июня по 1 июля, когда осадков выпало всего 0,7 *мм*, а среднесуточные температуры почвы и воздуха были самыми высокими.

Таблица 2

Динамика моно- и дисахаров в листьях, стеблях и репродуктивных органах гречихи
(в % на абсолютно-сухое вещество)

Время отбора проб	Фазы роста и развития	Показатели	Органы растения					
			листья		стебли		репродуктивные органы	
			без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$	без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$	без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$
22 июня	Начало бутонизации	Моносахара	0,75	0,27	1,98	3,05	0,41	1,10
		Дисахара	2,40	0,97	5,79	5,19	0,69	1,93
2 июля	Полное цветение	Моносахара	4,41	3,10	13,35	5,13	5,51	2,27
		Дисахара	2,75	2,23	4,25	6,98	4,84	2,25
12 июля	Цветение, начало завязывания зерна	Моносахара	0,93	0,40	1,06	2,30	0,73	2,09
		Дисахара	1,79	0,80	4,19	2,57	0,46	3,03
21 июля	Цветение, начало восковой спелости	Моносахара	1,60	0,27	3,18	0,13	0,27	0,14
		Дисахара	7,52	7,30	9,22	2,14	0,13	0,27
31 июля	Цветение, восковая спелость, появление зрелого зерна	Моносахара	1,07	0,53	0,14	1,07	0,00	0,76
		Дисахара	9,68	10,77	6,21	3,35	0,28	0,21
11 августа	Побурение $^2/_3$ зерна, уборка	Моносахара	1,65	1,68	3,06	4,96	0,00	0,00
		Дисахара	9,10	7,89	8,64	11,34	0,28	0,28

Примечание. Все биохимические анализы проводились по методике, разработанной Ф. Л. Калининым и Н. И. Ястрембовичем (5).

Снижение количества моносахаров в листьях, стеблях и репродуктивных органах гречихи за время от 12 до 21 июля (в варианте с удобрениями) объясняется сравнительно более благоприятными климатическими условиями и наличием в почве азота, фосфора и калия, благодаря которым моносахара быстрее синтезировались в белковые вещества.

Особенно много дисахаров к концу вегетации осталось в стеблях на делянках, где было внесено полное минеральное удобрение, что связано, по-видимому, с их замедленным оттоком и превращением в более сложные соединения в связи с некоторым удлинением периода вегетации.

Процент моно- и дисахаров в репродуктивных органах, начиная от бутонизации и до уборки гречихи, был выше в варианте с удобрениями, хотя к концу вегетации зерно этого варианта по количеству сахаров не отличалось от контроля, в котором быстрее закончились процессы передвижения и накопления сахаров.

Сумма сахаров в репродуктивных органах гречихи достигает наивысшей величины в период массового цветения, так как в это время наиболее интенсивно проходят в растениях процессы синтеза и гидролиза, в которых сахара принимают активное участие.

Изучая биохимию формирования урожая гречихи, нельзя было не остановиться на передвижении азота по органам растения в связи с тем, что этот элемент является основой белковых веществ и участвует в реакциях фотосинтеза.

В листовой пластинке синтез белка происходит непрерывно, откуда

белковые вещества в виде аминокислот передвигаются по проводящим путям растения и накопляются в репродуктивных органах, вновь синтезируясь до белковой молекулы.

Применение меченых атомов (8) показало, что белки во всех органах растений обновляются беспрерывно, а белковые частицы живут всего несколько часов. Эта общебиологическая закономерность наиболее сильно проявляется у такого требовательного к факторам внешней среды растения как гречиха.

По нашему мнению, у гречихи обмен белковых компонентов, входящих в состав протоплазмы, происходит более интенсивно, чем у других сельскохозяйственных растений, так как эта культура имеет очень короткий вегетационный период.

С этой целью мы пытались установить динамику форм азота в растениях гречихи в зависимости от изменения факторов внешней среды и передвижения других питательных веществ, что и нашло отражение в данных таблицы 3.

Таблица 3

Динамика растворимого и нерастворимого азота в органах гречихи

(от бутонизации до уборки, в % на абсолютно-сухое вещество)

Время отбора проб	Показатели	Органы растения					
		Листья		Стебли		Репродуктивные органы	
		без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$	без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$	без удобрений	$N_{45}P_{45}K_{45}$
22 июня	Нерастворимый азот	3,56	3,19	1,42	1,03	2,88	3,57
	Растворимый азот	1,37	2,04	0,71	0,68	1,17	1,17
2 июля	Нерастворимый азот	3,03	3,51	1,16	1,07	2,67	2,27
	Растворимый азот	1,18	1,01	0,71	0,34	0,70	0,53
12 июля	Нерастворимый азот	2,79	2,27	0,53	0,54	2,14	1,81
	Растворимый азот	0,80	1,13	0,53	0,34	0,67	0,67
21 июля	Нерастворимый азот	2,26	2,59	0,62	0,57	2,00	1,85
	Растворимый азот	0,80	0,80	0,53	0,53	0,82	0,82
31 июля	Нерастворимый азот	1,59	1,96	0,68	0,54	1,63	1,62
	Растворимый азот	0,67	0,67	0,34	0,34	0,69	0,55
11 августа	Нерастворимый азот	1,03	2,05	0,69	0,64	1,54	1,89
	Растворимый азот	0,82	0,84	0,56	0,21	0,35	0,35

Из полученных результатов следует, что содержание азота во всех органах гречихи падает к концу вегетации, в то время как такой закономерности по динамике моно- и дисахаров не наблюдалось. Однако процент растворимых и нерастворимых форм азота в растениях гречихи не отличается постоянством, а меняется в связи с изменением земных и космических факторов, определяющих величину урожая.

В листьях гречихи, на фоне полного минерального удобрения, в фазе бутонизации (22 июня) было больше растворимых форм азота, чем в варианте без удобрений, а нерастворимого азота меньше, что связано в этом случае с более интенсивным поступлением азотистых соединений, которые не

успевали переходить в белковые формы, так как углеводов на удобренных делянках синтезировалось в листьях недостаточно для образования более сложных белковых веществ.

Такая закономерность наблюдается почти по всем фазам роста и развития гречихи, лишь с тем различием, что при внесении удобрений в листьях наряду с интенсивным поступлением азота повышался не только процент растворимого азота, но и быстрее проходило превращение его в белковые формы.

Более высокий процент нерастворимого азота в листьях в период полного цветения на неудобренных вариантах по сравнению с растениями, где вносился NPK, связан с недостатком влаги в почве, при котором, по-видимому, нарушалась синтетическая деятельность листового аппарата в связи с повышенной концентрацией электролитов, поступающих из почвенного раствора.

Анализируя передвижение форм азота в стеблях гречихи на удобренных и неудобренных делянках, можно заметить, что нерастворимого и растворимого азота содержится больше в варианте без удобрений. Это явление объясняется тем, что стебли служат для транспортировки элементов питания, а поэтому при наличии удобрений азотистые вещества быстрее передвигались в репродуктивные органы и листья, где более интенсивно происходят окислительно-восстановительные процессы.

Что же касается содержания растворимых и нерастворимых форм азота в органах плодоношения растений на удобренных и неудобренных участках, то здесь процент нерастворимого азота был выше на контрольных делянках от периода полного цветения до созревания, а во время бутонизации и уборки количество нерастворимого азота повысилось по варианту с NPK.

Такое явление объясняется тем, что в период бутонизации значительная часть нерастворимого азота направлялась к бутонам, не задерживаясь в стеблях, так как начало плодоношения является новым качественным этапом в развитии растений гречихи.

В варианте с удобрениями повышается количество белка ко времени уборки, что объясняется лучшим поступлением минеральных веществ из почвы.

Из данных таблицы следует также, что в органах плодоношения растворимые формы азота, как промежуточные соединения, закономерно уменьшаются от бутонизации к уборке и по вариантам в различные периоды взятия вегетативных проб почти сравниваются.

Проанализировав передвижение и накопление азота и сахаров по органам гречихи, необходимо было изучить и динамику нерастворимого фосфора для того, чтобы полнее осветить физиологическое значение изучавшихся питательных элементов.

По своему значению фосфор играет в растениях такую же важную роль, как и другие питательные вещества. Он входит в состав сложных конституционных белков ядерного вещества — нуклеопротеидов. Кроме того, фосфор имеет большое значение в процессах углеводного обмена, т. е. он участвует в диссимиляции углеводов, образуя с ними ряд промежуточных лабильных соединений типа эфиров.

Работами академика А. Л. Курсанова с радиоактивным фосфором установлено (8), что, применяя соли этого элемента при внекорневой подкормке, фосфор скопляется в тех органах растения, где он в данный момент наиболее необходим для растительного организма (у сахарной свеклы в корне, а у томатов в плодах).

Так как гречиха весьма благоприятно отзывается на внесение фосфорных удобрений, учитывая большую потребность ее в фосфоре в течение всего периода вегетации, мы старались установить зависимость между климатическими условиями и передвижением этого элемента по органам растения в связи с накоплением сахаров и форм азота.

Результаты, полученные по данному вопросу, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Динамика нерастворимого фосфора в листьях, стеблях и репродуктивных органах гречихи

(от бутонизации до уборки в % на абсолютно-сухое вещество)

Время отбора проб	Контроль (без удобрения)			$N_{45}P_{45}K_{45}$		
	Листья	Стебли	Репродуктивные органы	Листья	Стебли	Репродуктивные органы
22 июня	0,65	0,52	0,99	0,69	0,68	1,43
2 июля	0,55	0,29	0,91	0,68	0,46	0,80
12 июля	0,65	0,49	0,80	0,73	0,70	0,74
21 июля	0,61	0,53	0,92	0,94	0,93	0,91
31 июля	0,93	0,92	0,90	0,93	0,93	0,90
11 августа	0,30	0,43	0,58	0,45	0,41	0,68

Содержание фосфора в растениях гречихи менее зависит от изменения внешних условий, чем сахаров, и в период от бутонизации до созревания зерна количество этого элемента по органам остается сравнительно постоянным, причем на неудобренных делянках его несколько меньше во всех частях растения, чем в варианте с минеральными удобрениями.

К периоду уборки процент нерастворимого фосфора снизился в стеблях, зерне и особенно сильно в листьях, что связано, по-видимому, со значительным уменьшением темпов роста и экзосмосом электролитов в почвенный раствор через корневую систему.

Резкое падение количества фосфора в начале цветения в стеблях растений неудобренного варианта привело к наивысшему накоплению в этих органах моносахаров, что указывает на связь между содержанием фосфора и процентом простых форм сахаров и подтверждается работой Е. Я. Ермолаевой (4).

Весьма вероятно, что увеличение процента моносахаров в период цветения в стеблях на неудобренных делянках связано с недостаточным поступлением фосфора из почвенного раствора, что, в свою очередь, вызвало нарушение углеводного обмена растений и в дальнейшем неблагоприятно сказалось на урожайности, в то же время в варианте с NPK это явление выразилось не так резко.

Д. А. Сабининым (11) указывается, что при фосфорном голодании происходит подавление процесса синтеза белков, которое приводит к значительному накоплению небелковых соединений азота и понижению величины отношения белкового азота к небелковому. Такая зависимость наблюдается и в наших исследованиях, однако в листьях и репродуктивных органах она выражена более ярко в период уборки, а в стеблях в течение всего периода вегетации (правда, с некоторыми колебаниями).

На удобренных делянках в зерне (при уборке) было больше фосфора, по сравнению с неудобренным контролем, что способствовало увеличению нерастворимого азота, в то время как растворимые формы были в одинаковых количествах, что также согласуется с положением о связи азотного и фосфорного обмена в растениях.

ВЫВОДЫ

1. Так как гречиха по своим биологическим закономерностям отличается от других зерновых культур, т. е. все органы этого растения одновременно растут и развиваются на протяжении всего периода вегетации, то и направленность биохимических процессов у нее имеет свои специфические особенности.

2. Минеральные удобрения, количество осадков, среднесуточные температуры воздуха и почвы на глубине 10 и 15 *см* оказывают значительное влияние на обмен вещества в растениях гречихи.

3. Недостаточное количество влаги и соединений фосфора в почве в период цветения приводит к увеличению процента моносахаров в стеблях, что неблагоприятно сказывается на углеводном и белковом обмене и в дальнейшем приводит к снижению урожая.

4. Процент нерастворимых форм азота в листьях в вариантах как с удобрениями, так и без удобрений падает от бутонизации к уборке, имея большую величину к концу вегетации на удобренных делянках, где процесс старения коллоидов листьев происходит медленнее.

5. Передвижение и процент нерастворимого фосфора изменяется меньше в зависимости от условий внешней среды, чем передвижение сахаров и азота, по органам гречихи. Кроме того, ко времени уборки содержание фосфора значительно уменьшается в стеблях, органах плодоношения и больше всего в листьях.

Такое явление объясняется тем, что фосфор как элемент входит в состав наиболее сложных белковых соединений, а также, по мнению Е. Я. Ермолаевой (4), недостаток фосфора, особенно в период созревания, задерживает гексозофосфатную реакцию, увеличивая количество углеводов в виде мертвых запасов, которые остаются неиспользованными в листьях и стеблях гречихи.

6. Для усиления оттока сахаров из вегетативных частей растения в период цветения и плодообразования в репродуктивные органы следует проводить внекорневые подкормки гречихи фосфорными удобрениями, эффективность которых доказана в опытах Украинского научно-исследовательского института социалистического земледелия, а также в наших исследованиях, проведенных на полях колхоза «20-річчя Жовтня», Дымерского района, Киевской области.

Результаты, полученные нами по этому вопросу, показывают, что урожай гречихи повышался при внекорневых подкормках фосфором совместно с марганцем до 30% по сравнению с контролем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскресенская Н. П., О значении катиона калия для фотосинтеза, ДАН СССР, т. LIX, № 2, 1948.

2. Демиденко Т. Т., Баринова Р. А., Формирование урожая яровой пшеницы, Вопросы обмена веществ сельскохозяйственных растений, АН УССР, 1953.

3. Елагин И. Н., Соловьев Г. М., Возделывание гречихи, Москва, 1951.

4. Ермолаева Е. Я., Влияние фосфатного режима на количественные изменения углеводов, азота и общей продукции сухого вещества у гречихи, Экспер. ботаника, вып. 3, 1938.

5. Калинин Ф. Л., Ястрембович Н. И., Вопросы обмена веществ сельскохозяйственных растений АН УССР, Институт физиологии растений и агрохимии, АН УССР, 1953, стр. 105—123.

6. Кобозева Е. А., Развитие точек роста и соцветий у гречихи при различной влажности почвы, Автореферат диссертации, 1953.

7. Коновалов М. Т., Колоша О. И., О внекорневой подкормке гречихи, Украинский н.-и. институт соц. земледелия, Научные труды, т. VII, 1954.
8. Курсанов А. Л., Меченые атомы в разработке научных основ питания растений, АН СССР, 1954.
9. Ляшенко Е. Г., Гречиха — ценная крупяная культура, Сельхозгиз, 1954.
10. Мирошниченко К. Г., Обмен углеводов у яровых пшениц в фазе колошения в условиях почвенной засухи, ДАН СССР, т. LIX, № 9, 1948.
11. Сабинин Д. А., Минеральное питание растений, АН СССР, 1940.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Н. Ф. ХОХОЛ,
доцент

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ КРАХМАЛА В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об увеличении производства и заготовок картофеля и овощей» (1956 г.) и в других постановлениях партии и правительства разработаны конкретные мероприятия по расширению площадей, увеличению урожайности и повышению качества картофеля.

В условиях Полесья Украины среди сельскохозяйственных культур картофель занимает одно из первых мест, являясь продовольственной, кормовой и технической культурой.

Картофель, будучи культурой наиболее широко распространенной в нечерноземной полосе, в большинстве случаев положительно отзывается на внесенные как органические, так и минеральные удобрения, что подтверждается работами ряда научно-исследовательских учреждений (Полесской, Новозыбковской и других сельскохозяйственных опытных станций). Эффективность удобрений, внесенных под картофель, в значительной мере зависит от почвенной разности, климатических условий, сорта картофеля, уровня агротехники и ряда других условий.

От этих же условий будет зависеть и качество урожая, в том числе и содержание крахмала в клубнях картофеля.

Изучение эффективности удобрений, внесенных в различных нормах и соотношениях под картофель, имеет не малое значение для сельского хозяйства Полесья Украины с его чрезвычайно пестрым почвенным покровом, где в полевом севообороте картофель является ведущей культурой.

Для изучения влияния удобрений на повышение урожайности картофеля и накопление крахмала в клубнях в 1955 г. в полевых условиях нами был проведен опыт на темно-серых лесных почвах стационарного опытного поля Украинской сельскохозяйственной академии. Сорт картофеля Мажестик. Агротехника проводимых исследований обычная, принятая агроправилами возделывания этой культуры. Минеральные удобрения были внесены под глубокую зяблевую вспашку под картофель в формах аммиачной селитры, суперфосфата, фосфоритной муки и хлористого калия. Посадка картофеля произведена квадратно-гнездовым способом с площадью питания $0,65 \times 0,65$ *м*.

Влияние различных соотношений минеральных удобрений на урожай картофеля на темно-серых лесных почвах характеризуют приводимые ниже данные (табл. 1).

Получение высоких урожаев клубней картофеля в 1955 г. зависело, во-первых, от правильного размещения культур в севообороте: картофель

высаживается в картофельном поле 8-польного полевого севооборота, и от высокого уровня применяемой агротехники; во-вторых, на высоту урожая картофеля повлияли и относительно благоприятные метеорологические условия: прохладная весна, теплое лето, а весь вегетационный период с относительно достаточным количеством осадков; в-третьих, высота урожая клубней картофеля не в малой мере зависела при высокой агротехнике и от внесенных под предшественник картофеля — озимь органических, а под глубокую зяблевую вспашку под картофель — минеральных удобрений.

Таблица 1

Урожай клубней картофеля 1955 г.
(в *ц/га*)

№ делянки	Схема опыта	Урожай клубней картофеля (в *ц/га*)	Прирост урожая клубней картофеля	
			(в *ц/га*)	(в %)
1	Контроль	208	—	—
2	$N_{45}Pc_{20}K_{45}$	243	35	16,82
3	$N_{90}P_{30}K_{45}$	259	51	24,52
4	$N_{90}P_{60}K_{45}$	261	53	25,48
5	$N_{90}P_{60}K_{90}$	277	69	33,17
6	$N_{45}Pф_{30}K_{45}$	244	36	17,31

Применяя высокую агротехнику в сочетании с механизированной обработкой почвы даже без внесения удобрений под картофель (контрольный участок), получен довольно высокий урожай клубней (свыше 200 *ц/га*).

Правильно внесенный под картофель навоз увеличивает его урожай, что подтверждается работами Полесской, Новозыбковской с.-х. опытных станций и других н.-и. учреждений.

Внесение навоза под предшественник картофеля — озимь также оказывает положительное влияние на увеличение урожая картофеля, хотя и в меньшей мере по сравнению с непосредственным внесением навоза под картофель (А. И. Тамман).

Внесение минеральных удобрений $N_{45}P_{30}K_{45}$ под глубокую зяблевую вспашку под картофель на фоне последействия навоза на темно-серых лесных почвах положительно влияет на повышение урожая клубней картофеля (прирост урожая 35 *ц/га*).

Увеличение нормы азотных удобрений $N_{90}P_{30}K_{45}$ в тех же условиях 1955 г. способствовало дальнейшему приросту урожая клубней картофеля (прирост 16 *ц/га*, или 6,45%).

Увеличение в два раза нормы фосфорных удобрений $N_{90}P_{60}K_{45}$ для дальнейшего прироста урожая картофеля оказалось мало эффективным (прирост 2 *ц/га*, или 0,8%).

Повышение в два раза нормы калийных удобрений $N_{90}P_{60}K_{90}$ в условиях проводимого опыта способствовало дальнейшему приросту урожая клубней картофеля (прирост 16 *ц/га*, или 6,13%)

Влияние на урожай картофеля фосфоритной муки на фоне $N_{45}K_{45}$ на темно-серых лесных почвах не уступало действию суперфосфата, внесенного в такой же норме. Следует отметить, что на участках, где была внесена фосфоритная мука, клубни картофеля были более правильной формы, гладкие и более чистые.

Выше было отмечено, что метеорологические условия исследований в 1955 г. в целом для развития картофеля следует считать благоприятными,

что дает основание сделать заключение об отзывчивости картофеля на темно-серых лесных почвах южной части Полесья Украины на внесенные в основном удобрении азотные и калийные удобрения и в меньшей мере на фосфорные удобрения.

Применяя ряд агротехнических мероприятий для получения высоких урожаев картофеля одновременно следует стремиться при его выращивании к получению клубней с высоким содержанием сухого вещества и крахмала. В клубнях картофеля до 80% сухого вещества приходится на долю крахмала. Остальная часть сухого вещества картофеля представлена пентозанами, пектиновыми веществами, клетчаткой, белками, аминокислотами, амидами и другими веществами (С. М. Прокошев).

Содержание крахмала в картофеле в значительной мере зависит от степени зрелости клубня, сорта картофеля, климатических условий, от применяемой агротехники, удобрений и других условий (А. И. Тамман).

Работами Полесской опытной станции, Украинского научно-исследовательского института соцземледелия и других научно-исследовательских учреждений установлено, что навоз и минеральные удобрения в большинстве случаев снижают содержание крахмала в картофеле.

В литературе (С. М. Прокошев и др.) имеются указания, что хлорсодержащие калийные удобрения снижают процент крахмала в картофеле, азотные удобрения не изменяют или уменьшают содержание крахмала и фосфорные удобрения не изменяют или незначительно увеличивают его содержание.

С. М. Прокошев допускает снижение содержания крахмала в картофеле при применении калийных хлорсодержащих удобрений вследствие замещения в клубне фосфора, принимающего участие в образовании крахмала на хлор, не имеющий отношения к образованию крахмала.

При внесении навоза под картофель снижение процента крахмала, в клубнях, по-видимому, связано с наличием в навозе хлора.

В проводимых нами исследованиях в отдельные годы закономерность содержания крахмала в клубнях картофеля была не одинакова, несмотря на то, что удобрения применялись в одних и тех же формах и дозах в виде аммиачной селитры, суперфосфата и хлористого калия.

Полученные данные о содержании крахмала в клубнях картофеля приведены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание крахмала в клубнях картофеля
(1955 г.)

№ делянки	Схема опыта	Урожай клубней картофеля (в *ц/га*)	Содержание в клубнях крахмала (в %)			Сбор крахмала в урожае клубней (в *ц/га*)	Прирост сбора крахмала (в *ц/га*)
			10/VII	9/VIII	19/IX		
1	Контроль . .	208	6,0	11,5	15,65	33,12	—
2	$N_{45}Pc_{30}K_{45}$ . .	243	8,0	11,6	16,18	39,32	6,20
3	$N_{90}P_{30}K_{45}$ . .	259	7,0	9,14	16,44	42,58	9,46
4	$N_{90}P_{60}K_{45}$ . .	261	6,8	9,24	17,46	45,57	12,45
5	$N_{90}P_{60}K_{90}$ . .	277	7,0	9,75	17,21	47,67	14,55
6	$N_{45}Pф_{30}K_{45}$ . .	244	7,0	11,45	17,33	42,29	9,17

В 1955 г. при отсутствии явлений засухи накопление крахмала в клубнях картофеля проходило равномерно. В молодых клубнях картофеля вначале их образования (10.VII) на содержание крахмала внесенные удобрения почти не оказывали влияния. Несколько иная была картина в содержании крахмала в период максимального нарастания клубней (9.VIII).

В этот период более высокое содержание крахмала в клубнях на контрольных делянках и на делянках с невысокими нормами удобрений ($N_{45}P_{30}K_{45}$). На делянках с повышенными нормами минеральных удобрений ($N_{90}P_{60}K_{90}$) наблюдалось отставание в накоплении крахмала (делянки 3, 4, 5).

В период уборки урожая (19/IX) наиболее высокое содержание крахмала в клубнях было на делянках с применением удобрений. Содержание же крахмала в клубнях на контроле в этот период оказалось более низким.

Таким образом, при высокой агротехнике и благоприятных климатических условиях внесенные под глубокую зяблевую вспашку под картофель удобрения на темно-серых лесных почвах юга Полессья УССР способствуют повышению содержания крахмала в картофеле и, в свою очередь, обеспечивают по сравнению с неудобренным участком увеличенный сбор крахмала с гектара.

Прирост сбора крахмала в опыте составлял от 6,2 до 14,55 *ц/га*.

Повышенное содержание крахмала в клубнях в 1955 г. на делянках с применением удобрений, по-видимому, связано с вымыванием хлора в нижние горизонты.

ВЫВОДЫ

1. Применение под глубокую зяблевую вспашку под картофель минеральных удобрений в норме $N_{45}P_{30}K_{45}$ *кг/га* на фоне последействия навоза на темно-серых лесных почвах юга Полесья УССР обеспечивает увеличение урожая картофеля и повышение сбора крахмала с единицы площади.

2. Повышение в два раза нормы внесения минеральных удобрений ($N_{90}P_{60}K_{90}$) способствовало дальнейшему повышению урожая картофеля и увеличению сбора крахмала.

3. При внесении минеральных удобрений под глубокую зяблевую вспашку под картофель на темно-серых лесных почвах представляется возможным суперфосфат заменить фосфоритной мукой, что не снижает урожая клубней картофеля и сбора крахмала с единицы площади.

4. Минеральные удобрения (NPK) при благоприятных климатических условиях и высокой агротехнике повышают процентное содержание крахмала в клубнях картофеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Е. К., Минеральные удобрения, Труды Новозыбковской с.-х. опытной станции, 1929.

2. Вишинський О. М., Удобрення с.-г. культур на Поліссі, Держсільгоспвидав УРСР, Київ, 1952.

3. Завгородний Ф. И., Влияние фосфора на рост и качество сахарной свеклы, Труды Киевского с.-х. института, т. 2, 1940.

4. Королев Л., Минеральные удобрения под картофель, Труды ПОС-ХОС, Бюллетень, № 15/33, 1928.

5. Прянишников Д. Н., Основные задачи в области химизации земледелия, вып. 8, 1932.

6. Прокошев С. М., Биохимия картофеля, 1947.

7. Семенов С. Д., Содержание крахмала в клубнях картофеля, Селекция и семеноводство, № 7, 1952.

8. Тамман А. И., Удобрения в картофельном севообороте, Труды института картофельного хозяйства, 1937.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Л. М. БАХТО,
кандидат сельскохозяйственных наук

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ И ПОДКОРМОК НА УРОЖАЙ КАРТОФЕЛЯ

Главное сейчас в производстве картофеля состоит в том, чтобы поднять его урожайность путем массового внедрения опыта передовиков и применения комплексной механизации.

Одним из наиболее эффективных приемов агротехники является внедрение в производство посадки картофеля квадратно-гнездовым способом при правильном применении удобрений. Установлено, что среди сельскохозяйственных культур картофель является одной из наиболее требовательных к питательным веществам.

Кафедра растениеводства Украинской сельскохозяйственной академии в течение ряда лет изучала эффективность различных сочетаний и приемов внесения органических и минеральных удобрений при квадратно-гнездовой посадке картофеля, обеспечивающих получение высоких урожаев.

С этой целью нами в 1954 г. в 8-польном севообороте учебного хозяйства УСХА был заложен опыт по изучению влияния различных доз и соотношений минеральных и органических удобрений на урожай картофеля.

Исследования проводились на серой оподзоленной песчаной легкосуглинистой почве.

В 1952 г. поле было занято клевером (урожай сена 27 *ц/га*), в 1953 г.— озимой пшеницей (урожай 21 *ц/га*), которая и являлась предшественником картофеля. Картофель высаживался квадратно-гнездовым способом с расстоянием между гнездами 60 *см*, при этом в каждое гнездо высаживали по два клубня (весом 50—60 *г*).

Уход заключался в следующем. Через 12 дней после посадки картофель пробороновали в два следа. В конце мая по всходам провели повторное боронование. В течение вегетационного периода междурядья дважды обрабатывались распашником. В июле картофель был окучен. Результаты опыта по влиянию местного внесения удобрений на урожай картофеля приведены в таблице 1.

Из данных таблицы видно, что внесение органических удобрений (20 *т/га* навоза) под перепашку с добавлением органических и минеральных удобрений в гнезда увеличило прибавку урожая картофеля от 33,2 до 71,1 *ц/га*. Наиболее высокий урожай был получен при внесении локально 250 *г* перегноя, 4 *г* суперфосфата, 2 *г* калийной соли и 2 *г* аммиачной селитры.

В 1955 г. изучалась эффективность локального внесения минеральных удобрений (суперфосфата, аммиачной селитры и 40-процентной калийной соли) на фоне 10 *т/га* перегноя, заделанного под культиватор. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 1

Влияние местного внесения удобрений на урожай картофеля

Варианты опыта	Урожай (в ц/га)	Прибавка (в ц/га)
Навоз 20 т/га под перепашку	138,0	
» 20 » » » + 250 г перегноя местно (в гнездо)	171,2	33,2
» 20 » » » + 250 г перегноя + 4 г суперфосфата местно	173,2	35,2
» 20 » » » + 250 г перегноя + 8 г суперфосфата местно	180,8	42,8
» 20 » » » + 250 г перегноя + 2 г калийной соли местно	184,8	46,8
» 20 » » » + 250 г перегноя + 4 г калийной соли местно	172,2	34,2
» 20 » » » + 250 г перегноя + 4 г суперфосфата + 2 г калийной соли местно	184,2	46,2
» 20 » » » + 250 г перегноя + 4 г суперфосфата + 2 г калийной соли + 2 г аммиачной селитры местно	209,1	71,1

Таблица 2

Эффективность локального внесения минеральных удобрений

Варианты опыта	Урожай (в ц/га)	Прибавка (в ц/га)
Перегной 10 т/га под культивацию	172	
» 10 » » » + P_{45} в гнезде при посадке	188	16
» 10 » » » + N_{15} » » » »	197,5	25,5
» 10 » » » + K_{30} » » » »	226	54
» 10 » » » + $P_{45}K_{30}$ » » »	203	31
» 10 » » » + $N_{15}K_{30}$ » » »	227	55
» 10 » » » + $N_{15}P_{45}$ » » »	228	56
» 10 » » » + $P_{45}K_{30}N_{15}$ » » »	237	65

Из данных таблицы 2 видно, что наивысший урожай был получен при внесении в лунки полного минерального удобрения в количестве 45 *кг* фосфора, 15 *кг* азота и 30 *кг* калия на гектар на фоне 10 *т/га* перегноя. Прибавка в этом случае составляла 65 *ц/га*. Результаты этого опыта особенно ценны тем, что внесение минеральных удобрений в лунки можно механизировать. Так, квадратно-гнездовая четырехрядная картофелесажалка СКГ-4, снабженная туковысевающими аппаратами, может обеспечить одновременную посадку картофеля и внесение минеральных удобрений в лунки.

Одним из важнейших вопросов, связанных с получением высоких урожаев сельскохозяйственных культур, является отыскание критических периодов в поступлении питательных веществ в растения. Установлено, что с помощью подкормок можно значительно повысить урожай и его качество. Этот прием открывает широкие возможности активно влиять на весь биологический цикл развития растений, на его свойства усиливать или ослаблять темпы роста, улучшать качество сельскохозяйственных продуктов.

Для того чтобы обосновать и изучить эффективность подкормки картофеля, нами в 1955 г. был поставлен опыт, в котором изучалось влияние дифференцированного внесения основных питательных веществ по фазам роста растений. Постановкой этого опыта мы стремились установить, в

какой период вегетации наиболее целесообразно вносить питательные вещества, с одновременным изучением лучших доз и соотношений их.

Наши опыты проводились в 8-польном севообороте учебно-опытного хозяйства Украинской сельскохозяйственной академии.

Предшественником картофеля являлась озимая пшеница, идущая по многолетним травам. Осенью проводилась пахота на глубину 22—23 *см* плугом с предплужником. Весной проведено боронование с последующим внесением под культивацию минеральных удобрений в количестве: суперфосфата 2 *ц*, калийной соли 1,5 *ц* и аммиачной селитры 1 *ц/га*.

Картофель высаживался квадратно-гнездовым способом (70 × 70 *см*) картофелесажалкой СКГ-4 в первой половине мая.

Уход за посевом заключался в следующем. До и после появления всходов проводили боронование. В течение вегетационного периода междурядья дважды обрабатывали культиватором. В июле провели окучивание. Во время вегетации растения развивались весьма благоприятно, благодаря достаточному количеству питательных веществ и влаги в почве, а также высокой агротехнике. Убирали картофель 14 сентября. Результаты этого опыта представлены в таблице 3.

Таблица 3

Влияние подкормок на урожай картофеля

Схема опыта			Урожай	Прибавка
Основное удобрение	Подкормка		(в *ц/га*)	
	при массовом появлении всходов	перед бутонизацией		
Фон — суперфосфата 200 *кг*, калийной соли 150 *кг*, аммиачной селитры 100 *кг/га*	—	—	130	—
Фон	$N_{15}P_{20}K_{20}$	0	161	31
Фон	$N_{7,5}P_{10}K_{10}$	$N_{7,5}P_{10}K_{10}$	173	43
Фон	$N_{15}P_{20}K_{20}$	$N_{15}P_{20}K_{20}$	186	56
Фон	$N_{30}P_{40}K_{40}$	0	165,5	35,5
Фон	$N_{15}P_{20}$	K_{20}	139,5	9,5
Фон	$N_{15}K_{20}$	P_{20}	155,5	25,5
Фон	$P_{20}K_{20}$	N_{20}	149,5	19,5

Из приведенных данных видно, что даже на почвах, хорошо заправленных минеральными удобрениями, подкормка картофеля оказалась весьма эффективной. Наиболее высокая прибавка урожая была получена при внесении полного минерального удобрения на 1 *га*, внесеннего в два приема, — в период массового появления всходов — в количестве $N_{15}P_{20}K_{20}$ и в период бутонизации — $N_{15}P_{20}K_{20}$. Прибавка урожая в этом случае, по сравнению с контролем, составляла 56 *ц/га*.

Внесение этой же дозы удобрений в один прием в период массового появления всходов повысило урожай всего лишь на 35,5 *ц/га*

Наряду с внесением удобрений в почву, в настоящее время все более широкое распространение получает внекорневая подкормка картофеля. Учитывая положительное влияние внекорневой подкормки на передвижение питательных веществ, мы провели опыт по изучению эффективности этого приема на урожайность картофеля.

Опыт был заложен в 8-польном севообороте учебно-опытного хозяйства УСХА.

Растения подкармливались настоем суперфосфата, а также растворами калийной соли и аммиачной селитры. Чтобы получить вытяжку для

внекорневой подкормки, суперфосфат в течение 24 часов настаивался в воде (из расчета 100 *кг* суперфосфата на 800 *л* воды).

Калийные и азотные удобрения, хорошо растворимые в воде, добавлялись к настою суперфосфата перед опрыскиванием из расчета 30 *кг* калийных удобрений и 50 *кг* азотных на 800 *л* воды. Доза раствора на гектар при опрыскивании составляла 800 *л*.

Подкормка проводилась в начале цветения. Схема и результаты опыта по внекорневой подкормке представлены в таблице 4.

Таблица 4

Схема и результаты опыта по внекорневой подкормке

Варианты опыта	Урожай (в *ц/га*)	Прибавка (в *ц/га*)
Фон — 2 *ц* суперфосфата 1,5 *ц* калийной соли + 1 *ц* аммиачной селитры (контроль)	240	—
Фон + 100 *кг* суперфосфата в 800 *л* воды на 1 *га*	269	29
Фон + 30 *кг* калийной соли в 800 *л* воды на 1 *га*	258	18
Фон + 100 *кг* суперфосфата + 50 *кг* аммиачной селитры в 800 *л* воды на 1 *га*	260	20
Фон + 100 *кг* суперфосфата + 30 *кг* калийной соли + 50 *кг* аммиачной селитры на 800 *л* воды на 1 *га*	271	31

Урожайные данные показывают, что внекорневая подкормка картофеля фосфором, калием и азотом даже на участках, хорошо заправленных удобрениями, оказалась весьма эффективной Так, внекорневая подкормка настоем суперфосфата с растворенными в нем калийными и азотными удобрениями повысила урожай картофеля на 31 *ц/га*, по сравнению с урожаем, полученным с делянок без подкормки.

ВЫВОДЫ

1. Квадратно-гнездовой способ посадки картофеля с локальным внесением органических и минеральных удобрений дает значительное повышение урожая. Лучшей нормой внесения органо-минеральной смеси в условиях данного опыта будет 250 *г* перегноя, 4 *г* суперфосфата, 2 *г* калийной соли и 2 *г* аммиачной селитры. В этом случае урожай картофеля повысился на 71 *ц/га* по сравнению с контролем.

2. Подкормки, производимые в фазе массового появления всходов и начала цветения, оказали положительное влияние на повышение урожая картофеля.

Наивысшая прибавка была получена при внесении $N_{30}P_{40}K_{40}$ в два срока. Первая подкормка проводилась при массовом появлении всходов, вторая — в начале цветения. Урожай в этом варианте повысился на 56 *ц га*, по сравнению с контролем.

3. Внекорневая подкормка, проводимая в фазе цветения картофеля, является эффективным агротехническим приемом, который в сочетании с другими мероприятиями обеспечивает повышение урожая клубней на 10—15%.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

И. С. РУДЕНКО, Г. Ф. НАЗАРЕНКО, Е. Ф. МАНОЙЛЕНКО

ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ ПОД КУЛЬТУРУ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ ПОЛЕСЬЯ УССР

В колхозе Бышевского района, Киевской области, в 1953 и 1954 гг. наблюдалось явление неравномерного роста и развития льна-долгунца. Неравномерность заключалась в том, что между нормально развивающимися растениями были растения, отстающие в росте и развитии.

Обследование в июне 1954 г. показало, что нормально развивавшиеся растения находились в фазе бутонизации и достигали высоты 50—60 *см*, а рядом отстающие в росте растения имели высоту 10—12 *см*.

Резко выраженная пестрота посевов льна свидетельствовала о том, что явление это, очевидно, было связано с приемами обработки пласта многолетних трав.

С целью изучения причин неравномерности роста и развития льна, а также повышения его урожайности в 1954 г. в 9-польном севообороте колхоза им. Маленкова, с. Пашковка, Бышевского района, Киевской области, были заложены опыты по следующей схеме:

1.	Лущение отвальными лущильниками	на 8 *см*
2.	Лущение дисковыми лущильниками	» 8 »
3.	Вспашка плугом без отвалов (после дискования)	» 18 »
4.	» » » » »	» 25 »
5.	» » » » »	» 30 »
6.	Вспашка плугом с предплужником	» 18 »
7.	» » » »	» 25 »
8.	Вспашка плугом без предплужника	» 25 »
9.	» » » »	» 18 »

Последние два варианта, т. е. вспашка плугом без предплужника, нами были включены по просьбе колхоза.

Почва, где были проведены опыты, относится к дерново-подзолистым суглинкам.

Обработка пласта по принятой схеме была проведена в октябре 1954 г.

Предпосевная обработка почвы была проведена такая же, как и в колхозе, а именно: 5.IV провели боронование зяби в два следа; 27.IV проведена культивация в два следа с последующим боронованием. Под культивацию вносили минеральные удобрения из расчета N 30, P 45, K 45 *кг/га*. Посев льна проведен 29 апреля сеялкой СЛ-44 на глубину 3 *см*. Норма высева 150 *кг/га* при лабораторной всхожести семян 94%. Посеян был лен-долгунец сорта Светоч.

Размер делянки — 250 *м*². Повторность 4-кратная. В течение вегетационного периода определяли влажность почвы, содержание нитратного и аммиачного азота, агрегатный состав почвы и проводили фенологические наблюдения.

Фенологические наблюдения показали, что уже в фазе «елочки» наблюдалась разница в росте растений льна по вариантам опыта. На делянках с поверхностной обработкой почвы рост и развитие льна проходили равномерно и пестроты не наблюдалось. На делянках, где применялась обработка

Рис. 1. Равномерный рост и развитие льна (справа), неравномерный рост и развитие льна (слева).

почвы плугом без отвалов, наблюдалась незначительная пестрота. На делянках же, вспаханных плугом с предплужником и без предплужника, была ярко выражена неравномерность роста растений, что видно из рисунка 1.

Неравномерность роста и развития льна наблюдалась на протяжении всего вегетационного периода.

Неравномерное развитие льна, по нашему мнению, было связано с нарушением условий питания растений.

Определение нитратов в почве показало, что содержание их значительно варьирует в зависимости от приемов обработки. Часть данных анализа приводим в таблице 1.

Данные таблицы 1 показывают, что на 19.V больше содержалось нитратов в верхних горизонтах почвы во всех тех вариантах, где была проведена поверхностная обработка или безотвальная вспашка.

В варианте, где была проведена вспашка плугом с предплужником, нитратов в верхнем горизонте почвы содержалось гораздо меньше.

Таблица 1

Влияние приемов обработки пласта многолетних трав на содержание нитратов в почве

Варианты опыта	Схема опытов	Почвенные горизонты (в *см*)	NO_3 в *мг* на 100 *г* абсолютно сухой почвы		
			19.V	24.VI	1.VIII
1	Лущение отвальными лущильниками на 8 *см*	0—10 10—20 20—40	4,44 1,40 0,57	1,01 0,56 0,34	0,51 0,33 0,06
2	Лущение дисковыми лущильниками на 8 *см*	0—10 10—20 20—40	2,30 0,33 0,27	0,31 0,30 0,18	0,35 0,22 0,06
4	Вспашка плугом без отвала (после дискования) на 25 *см*	0—10 10—20 20—40	1,91 0,86 0,42	0,32 0,22 0,24	0,53 0,14 0,06
7	Вспашка плугом с предплужником на 25 *см*	0—10 10—20 20—40	0,78 1,41 1,37	0,26 1,41 0,58	0,26 0,23 0,25

Уменьшение нитратного азота в верхнем горизонте почвы 7 варианта опыта, очевидно, является одной из причин неравномерного роста и развития льна. Для подтверждения своих предположений 13.VI нами были взяты почвенные образцы для определения нитратов под растениями, нормально развивающимися и отстающими в росте.

Содержание нитратов в почве этих образцов приводим в таблице 2.

Таблица 2

Содержание нитратов в почве под растениями льна

Варианты опыта	Почва взята	Почвенные горизонты (в *см*)	NO_3 в *мг* на 100 *г* абсолютно сухой почвы
7	Под нормально развивающимися растениями . . .	0—10	1,35
	Под отстающими в развитии растениями	0—10	0,84
8	Под нормально развивающимися растениями . . .	0—10	1,30
	Под отстающими в развитии растениями	0—10	0,86

Из таблицы 2 видно, что нитратного азота в верхнем слое почвы под нормально развивающимися растениями было в полтора раза больше, чем под отстающими в росте растениями.

Определение влажности почвы в течение вегетационного периода показало, что, благодаря достаточному количеству осадков (май — 71,8 *мм*, июнь — 80,6 *мм*, июль — 94 *мм*), растения явно не ощущали недостатка во влаге. В таблице 3 приводим данные динамики влажности почвы.

Как видно из таблицы 3, применяемые приемы обработки пласта многолетних трав не оказали большого влияния на накопление влаги в почве.

Следует отметить, что на 29.IV в горизонте почвы 0—10 *см* 4 и 7 вариантов опыта влаги было меньше, чем в 1 и 2 вариантах тех же горизонтов.

Различные приемы обработки почвы повлияли и на степень засоренности посевов льна. В таблице 4 приводим данные засоренности посевов.

Приведенные данные таблицы 4 показывают, что приемы обработки значительно влияют на засоренность посевов льна. Больше всего сорняков было на делянках с поверхностной обработкой почвы и с безотвальной

вспашкой (варианты 1, 2 и 4). В варианте 7, где была произведена вспашка плугом с предплужником на глубину 25 *см*, сорняков было в 2,5—3 раза меньше.

Таблица 3

Влияние приемов обработки пласта многолетних трав на накопление влаги в почве

Варианты опыта	Почвенные горизонты (в *см*)	Влажность почвы (в %)		
		29.IV	19.V	24.VI
1	0—10	15,2	12,4	14,8
	10—20	16,5	15,4	13,0
	20—40	16,2	15,6	13,5
2	0—10	14,5	12,4	14,0
	10—20	16,5	15,6	12,8
	20—40	15,2	15,6	12,6
4	0—10	11,2	13,2	13,2
	10—20	16,3	15,0	10,5
	20—40	15,8	16,0	11,2
7	0—10	11,9	14,0	15,7
	10—20	18,9	14,5	16,3
	20—40	18,5	16,8	15,4

Таблица 4

Влияние приемов обработки пласта на засоренность посевов льна

Варианты опыта	Количество сорняков на 1 $м^2$ (в штуках)						
	Всего сорняков	В том числе					
		мышея сизого	редьки дикой	пырея ползучего	осота розового	хвоща полевого	прочих
1	204	169	10	7	1	1	16
2	242	205	10	4	1	1	21
4	215	181	13	5	1	2	13
7	86	54	10	2	7	3	10
8	110	70	19	9	3	2	7

Поверхностная обработка и безотвальная вспашка не заделывает семена глубоко в почву, а создает им благоприятные условия для прорастания, тогда как культурная вспашка обеспечивает глубокую заделку семян сорных растений и этим самым уменьшает их прорастание и засоренность посевов.

Наши опыты показали, что приемы обработки пласта многолетних трав влияют как на густоту травостоя, так и на урожай льна (табл. 5).

Данные таблицы 5 показывают, что более высокий урожай соломки получен на делянке с лущением пласта; наименьший урожай оказался в варианте, где была проведена вспашка плугами без предплужников. Снижение урожая соломки в ряде вариантов, как показали наши наблюдения, обусловливается неравномерностью роста и развития льна, а также частичной гибелью растений, отстающих в росте. Учет густоты стеблестоя льна показал, что наибольшее количество растений было на делянках с поверхностной обработкой пласта, а наименьшее — при вспашке плугами без предплужников.

Урожай семян льна в наших опытах зависел не только от густоты стеблестоя льна, но и от разветвления нормально развивающихся растений.

Таблица 5

Влияние приемов обработки пласта на урожай льна

Варианты опыта	Схема опыта	Количество растений на 1 $м^2$ в шт. перед уборкой	Урожай (в *ц/га*)	
			соломки	семян
1	Лущение отвальными лущильниками на 8 *см* . . .	1839	56,7	7,85
2	Лущение дисковыми лущильниками на 8 *см* . . .	1837	56,37	7,19
3	Вспашка плугами без отвалов (после дискования) на 18 *см*	1686	55,40	5,85
4	То же на 25 *см*	1613	53,89	7,71
5	» » » 30 *см*	1471	54,63	6,33
6	Вспашка плугами с предплужниками на 18 *см* . .	1324	53,38	6,92
7	» » » » 25 *см* . .	1522	53,03	8,03
8	Вспашка плугами без предплужников на 25 *см* . .	1313	52,62	7,57
9	» » » » 18 *см* . .	1282	51,88	6,48

Одновременно с полевыми исследованиями нами были проведены вегетационные опыты по изучению плодородия отдельных горизонтов почвы.

Почву для опытов брали в колхозе им. Маленкова по горизонтам 0—20, 20—40 и 40—60 *см*.

Опыты были заложены в сосудах емкостью 10 *кг* сухой почвы.

Влажность почвы в сосудах в период вегетации поддерживали в пределах 60% от полной влагоемкости.

Удобрения вносили из расчета по 0,1 *г* NPK на 1 *кг* абсолютно сухой почвы.

Влияние минерального питания на динамику роста льна в вегетационных опытах 1955 г. показано в таблице 6.

Таблица 6

Влияние минерального питания на динамику роста льна

Варианты опыта	Схема опыта	Почвенные горизонты (в *см*)	Высота растений (в *см*)			
			28.VI	10.VII	25.VIII	Техническая длина соломки (в *см*)
1	Без удобрений	0—20	10,7	34,6	82,2	56,1
2	NPK — 1 норма	0—20	32,7	82,3	97,3	71,1
3	NPK — 1 норма + Al — 2 *мг* на 100 *г* почвы	0—20	32,9	85,7	106,5	77,8
4	NPK — 1 норма + Al — 4 *мг* на 100 *г* почвы	0—20	32,1	82,5	92,2	69,8
5	Без удобрений	20—40	11,4	49,5	87,9	52,3
6	NPK — 1 норма	20—40	34,2	81,7	96,8	73,8
7	NPK — 1 норма + Al — 2 *мг* на 100 *г* почвы	20—40	37,8	85,2	97,2	73,1
8	NPK — 1 норма + Al — 4 *мг* на 100 *г* почвы	20—40	35,8	81,1	95,0	70,9
9	Без удобрений	40—60	6,8	25,4	65,9	50,9
10	NPK — 1 норма	40—60	31,6	84,2	103,4	72,3
11	NPK — 1 норма + Al—2 *мг* на 100 *г* почвы	40—60	34,7	87,0	106,7	74,2
12	NPK — 1 норма + Al—4 *мг* на 100 *г* почвы	40—60	33,5	84,8	101,0	71,1

Изучение динамики роста льна в вегетационных опытах (табл. 6) показывает, что неравномерность роста льна зависит от питания растений. В сосудах без удобрений рост растений льна в течение вегетационного

периода проходил с меньшей интенсивностью, тогда как в сосудах с удобрениями растения росли и развивались нормально на почвах с различных горизонтов и достигали высоты 92—106 *см*.

Неравномерность роста льна можно видеть на рис. 2.

Рис. 2. Сосуд *1*, почвенный горизонт 0—20 *см* без удобрений; сосуд *5*, почвенный горизонт 0—20 *см*, NPK 0,1 *г/кг* почвы; сосуд *9*, почвенный горизонт 0—20, NPK 0,1 *г/кг* +Al 4 *мг* на 100 *г* почвы, сосуд *13*, почвенный горизонт 20—40, без удобрений; сосуд *17*, почвенный горизонт 20—40, NPK 0,1 *г/кг* + Al 4 *мг* на 100 *г* почвы; сосуд *21*, почвенный горизонт 20—40, NPK 0,1 *г/кг* почвы; сосуд *27*, почвенный горизонт 40—60, без удобрений; сосуд *31*, почвенный горизонт 40—60, NPK 0,1 *г/кг* почвы; сосуд *36*, почвенный горизонт 49—60, NPK 0,1 *г/кг* + Al 4 *мг* на 100 *г* почвы.

Урожай соломки и семян льна в вегетационных опытах свидетельствует о том, что дерново-подзолистые почвы колхоза им. Маленкова бедны питательными веществами, что видно из таблицы 7.

Таблица 7

Влияние минерального питания на урожай льна в вегетационных опытах 1955 г.

Варианты опыта	Почвенные горизонты (в *см*)	Схема опыта	В *г* на сосуд	
			Соломки	Семян
1	0—20	Без удобрений	10,35	2,50
2	0—20	NPK — 1 норма	21,97	7,00
3	0—20	NPK — 1 норма + Al — 2 *мг* на 100 *г* почвы	21,90	5,90
4	0—20	NPK — 1 норма + Al — 4 *мг* на 100 *г* почвы	20,55	6,50
5	20—40	Без удобрений	5,45	0,75
6	20—40	NPK — 1 норма	21,70	6,22
7	20—40	NPK — 1 норма + Al — 2 *мг* на 100 *г* почвы	22,50	6,60
8	20—40	NPK — 1 норма + Al — 4 *мг* на 100 *г* почвы	21,00	5,82
9	40—60	Без удобрений	3,70	0,43
10	40—60	NPK — 1 норма	18,25	5,20
11	40—60	NPK — 1 норма + Al — 2 *мг* на 100 *г* почвы	16,65	4,05
12	40—60	NPK — 1 норма + Al — 4 *мг* на 100 *г* почвы	17,75	4,85

Как видно из таблицы 7, урожай соломки и семян льна резко падает в тех сосудах, в которых была почва из горизонтов 20—40 и 40—60 *см* без удобрений. В сосудах же с удобрениями урожай получен значительно больший, чем у контрольных, и большой разницы в зависимости от почвенных горизонтов не наблюдалось.

Внесенный алюминий в некоторых вариантах не оказал отрицательного действия на рост и урожай льна.

ВЫВОДЫ

1. Неравномерность роста и развития льна на дерново-подзолистых почвах зависит от условий питания растений.

2. При обеспечении растений минеральным питанием в достаточном количестве (вегетационные опыты) значительной разницы в высоте растений и в урожае соломки и семян в сосудах с разными горизонтами почвы не наблюдалось.

3. Система обработки почвы имеет большое значение как в борьбе с явлением неравномерного роста и развития льна, так и в повышении урожайности. Наибольший урожай соломки получен на делянках с поверхностной обработкой почвы, а наименьший — при вспашке плугами без предплужников.

4. Засоренность посевов льна на делянках с поверхностной обработкой пласта и безотвальной вспашкой была в 2,5—3 раза больше, чем на делянках, вспаханных плугами с предплужниками.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. Г. МИХАЛОВСКИЙ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Е. В. ГЕРАСИМЕНКО,
кандидат сельскохозяйственных наук

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА ДЕРНОВО-ЛУГОВЫХ ПОЧВАХ ПОЛЕСЬЯ УССР

Работами научно-исследовательских учреждений и практикой передового опыта показано большое окультуривающее влияние на почву корневых систем многолетних трав и однолетних полевых культур. Под влиянием выращивания сельскохозяйственных культур и правильного использования корневых и стерневых остатков почва обогащается перегноем, улучшаются водно-физические, агрохимические и биологические свойства ее, повышается почвенное плодородие.

В зависимости от почвенно-климатических условий разложение корневых и пожнивных остатков проходит с разной интенсивностью, где и степень образования перегноя будет также разная.

В связи с введением и освоением полевых травопольных севооборотов в районах достаточного увлажнения возникает необходимость изучить приемы обработки пласта применительно к зональным условиям, решить вопрос о целесообразности использования травяного пласта под сельскохозяйственные культуры.

В нашей работе мы изучали сроки и приемы обработки пласта многолетних трав. В связи с этим исследовали влияние приемов и сроков обработки пласта многолетних трав на водно-физические свойства почвы, питательный режим; влияние пласта на урожай и качество урожая озимой и яровой пшениц.

Опыты проводили в учебно-опытном хозяйстве Киевского сельскохозяйственного института. Почва опытного участка дерново-луговая, песчано-легкосуглинистая. Опыты проводились в восьмипольном севообороте с таким чередованием культур: 1) пар клеверный, 2) озимая пшеница, 3) кукуруза, 4) яровые зерновые с подсевом трав (клевер + тимофеевка), 5) многолетние травы, 6) многолетние травы, 7) озимая и яровая пшеница, 8) яровые зерновые с подсевом клевера.

Опыты с яровой пшеницей Лютесценс 62 проводились в течение 1949—1951 гг., с озимой пшеницей Украинка — в 1950—1953 гг. Схема опыта с обработкой пласта многолетних трав под яровую пшеницу была следующей:

1) вспашка пласта 22.VIII на глубину 24 и 30 *см*;
2) вспашка пласта 22.IX на глубину 24 и 30 *см*;
3) вспашка пласта 28.X на глубину 24 и 30 *см*.

Обработка пласта проводилась после второго года пользования многолетними травами и после второго укоса на сено, с предварительным лущением непосредственно после снятия урожая трав и без лущения.

Опыты с озимой пшеницей были заложены по пласту второго года пользования травами по такой схеме:

1) лущение пласта после первого укоса трав на сено с последующей вспашкой через 10—12 дней на 24 *см*;

2) вспашка пласта на 24 *см* непосредственно после первого укоса трав на сено, без предварительного лущения;

3) вспашка пласта на 24 *см* без лущения после второго укоса трав на сено. Повторность опыта была четырехкратная; учетная делянка каждого варианта 150 *кв.м.*

1. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ И ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Плодородие почвы в значительной степени обусловливается степенью обеспеченности растений влагой. Влагообеспеченность достигается различными мероприятиями. Эффективное использование влаги атмосферных осадков является главной задачей сельскохозяйственного производства. Для этой цели необходимо обеспечить максимальное поглощение почвой всех форм осадков; устранить непроизводительные потери почвенной влаги и повысить влагообеспеченность растений в условиях их выращивания.

Эти задачи могут быть осуществлены путем улучшения водных свойств почвы: водопроницаемости и водоотдачи.

Бесструктурные почвы не могут обеспечить прочный запас воды в корнеобитаемом слое. Только структурная, рыхло-комковатая почва обладает свойством удерживать длительное время впитываемую влагу атмосферных осадков и обеспечить растения в течение вегетационного периода достаточным количеством влаги.

Рядом исследований установлено, что под влиянием культуры многолетних трав улучшаются водно-физические свойства почвы. Огромное влияние на водный режим почвы и физические свойства имеет и система обработки пласта многолетних трав.

Академик В. Р. Вильямс рекомендовал пахать травяное поле поздней осенью с использованием его под яровую пшеницу, без учета почвенных и климатических особенностей местности. Летняя вспашка пласта, по его мнению, создавала условия быстрого разложения пласта, в связи с чем терялось главное назначение травосеяния— образование водопрочной структуры почвы. О предварительном лущении пласта в учении В. Р. Вильямса не могло быть и речи, поскольку применение лущения способствует накоплению влаги в почве и, таким образом, ускоряет разложение дернины.

Наши исследования и ряд других работ указывают на преимущество раннего подъема пласта многолетних трав. Предварительное лущение пласта также играет большую роль в сохранении и накоплении в почве влаги. Известно, что наиболее интенсивно проходит иссушение почвы травяного пласта в период от уборки трав до вспашки. И чем дольше остается пласт невспаханным или невзлущенным, тем сильнее почва иссушается. К тому же, многолетние травы, в отличие от полевых однолетних культур, иссушают почву значительно сильнее; причем с возрастом трав возрастает и иссушающее действие их на почву.

Поэтому своевременная, ранняя обработка пласта с предварительным лущением способствует наибольшему накоплению и сохранению почвенной влаги.

В нашем опыте мы уделили внимание изучению влияния сроков и приемов обработки пласта на динамику водного режима почвы. Влажность

почвы определяли в период уборки трав и перед вспашкой пласта: 22 августа, 22 сентября, а также весной перед посевом яровой культуры.

Из данных таблицы 1 видно, что ко времени первого срока вспашки количество влаги в почве в пахотном и подпахотном горизонте составляло 15—16%, что соответствовало приблизительно 50% от полной влагоемкости. При такой степени увлажнения почва приобретает пахотную спелость, обеспечиваются лучшие показатели пахоты.

Определение влаги в почве перед вторым сроком вспашки (20.IX) показало резкое снижение запасов воды на невспаханных участках травяного поля. Здесь процент влаги снизился до 7,82% в верхнем слое почвы и до 9,50% в подпахотном горизонте, т. е. в течение месяца на невспаханном участке пласта запас влаги упал до так называемого мертвого запаса; в то время как по августовской вспашке пласта запас влаги в верхнем почвенном слое сохранился на уровне достаточного увлажнения — 12,42 и 15,34%.

Таблица 1

Содержание влаги в почве

(в процентах от абсолютно сухой почвы)

Сроки вспашки	Глубина вспашки (в *см*)	Горизонт (в *см*)	Время определения			
			20.VIII	20.IX	20.X	весной, перед посевом
22.VIII	24	0—20	15,56	12,42	11,32	17,96
		20—40	15,45	15,34	14,80	20,57
22.VIII	30	0—20	15,50	13,55	12,78	18,36
		20—40	15,00	15,00	16,23	21,87
22.IX	24	0—20	15,70	7,82	5,86	16,65
		20—40	15,46	9,50	8,60	18,75
22.IX	30	0—20	15,65	7,45	5,83	17,75
		20—40	15,10	10,35	8,13	18,47
28.X	24	0—20	15,48	7,47	4,75	16,21
		20—40	15,90	9,58	5,50	16,16
28.X	30	0—20	15,55	7,55	5,00	17,14
		20—40	15,60	10,55	6,15	15,86

Еще большее колебание в содержании влаги в почве наблюдалось в конце октября при поздней вспашке пласта. В этот период почва под невспаханным пластом многолетних трав была иссушена до коэффициента завядания (5—6%). По августовской же вспашке увлажнение почвы было на относительно высоком уровне — около 15%; особенно благоприятно повлияла на запас почвенной влаги глубокая вспашка до 30 *см*. Под влиянием глубокой пахоты запас влаги в этом слое соответствовал 16,23%; в то же время на сентябрьской и октябрьской вспашке показатель влажности упал до 5,00—6,15%.

Иссушение почвы при позднем поднятии пласта резко отрицательно сказалось на качестве пахоты. Вспашка здесь была грубая, глыбистая; поверхность поля гребнистая, что усиливало иссушение почвы. При августовской же пахоте, в условиях достаточного увлажнения, было обеспечено хорошее крошение пласта; поверхность поля была ровная, что исключало необходимость последующей обработки рыхлящими орудиями для уничтожения глыб.

Преимущество ранней августовской вспашки пласта в накоплении и сохранении влаги в почве было отмечено и в весенний период, перед посевом яровой культуры.

Данные опытов последующих лет подтвердили аналогичную зависимость динамики влажности почвы от сроков обработки пласта.

Предварительное лущение пласта, проведенное непосредственно после уборки трав второго укоса на сено, также оказало заметно положительное влияние на накопление влаги в почве (табл. 2).

Таблица 2

Влияние лущения пласта на водный режим почвы

(содержание влаги в %)

Сроки вспашки	Глубина горизонта (в *см*)	Время определения			
		20.VIII	20.IX	20.X	весной, перед посевом
22.IX с лущением . .	0—20	16,00	14,35	11,87	17,65
	20—40	16,75	16,24	15,50	21,46
22.IX без лущения . .	0—20	15,70	7,82	5,86	16,65
	20—40	15,46	9,50	8,60	18,75
28.X без лущения . .	0—20	15,48	7,78	4,75	16,22
	20—40	15,90	9,50	5,50	16,16
28.X с лущением . .	0—20	16,22	14,70	9,85	16,24
	20—40	16,50	15,80	15,84	21,55

Как видно из таблицы 2, количество влаги в почве 20.IX на взлущенном, но невспаханном пласте было в верхнем слое 14,35%, в нижнем — 16,24%; в то же время в почве невзлущенного и невспаханного пласта процент влажности снизился до 7,32%, в верхнем слое и до 9,50% в нижнем. Определение влаги в почве в конце октября (20.X) также подтвердило положительное влияние предварительного лущения пласта.

На взлущенном участке с последующей поздней осенней вспашкой в период поднятия пласта количество влаги в верхнем слое соответствовало 9,18%, в нижнем — 15,84%, на невзлущенном участке перед поздней осенней вспашкой запас влаги в почве упал до уровня мертвого запаса — 4,75 и 5,50%.

Предварительное лущение пласта является особенно эффективным в условиях засушливой осени. Взрыхленный верхний слой почвы с мульчирующей частью травянистых остатков защищает почву от перегрева, способствует лучшему использованию атмосферных осадков и предохраняет от усиленного испарения влаги поверхностью почвы. Увлажнение пахотного слоя взлущенного поля происходит за счет восходящих токов воды, которая задерживается в пахотном горизонте во взлущенной поверхности почвы, а также в результате конденсации водяного пара при периодическом охлаждении верхнего слоя почвы.

Во взрыхленной поверхности пласта создаются также благоприятные условия для прорастания семян сорных растений и отрастания многолетних сорняков, которые уничтожаются последующей вспашкой.

Под влиянием увлажнения верхнего взлущенного слоя почвы уменьшается связность пласта и удельное сопротивление при обработке. По данным Я. А. Минина, при обработке невзлущенного пласта плугом 5К-35 затрачивается около 2041 *кг/м* работы, а по взлущенному — 1786 *кг/м*.

Нами исследовался также водный режим почвы в опытах с озимой пшеницей; последняя высевалась по пласту второго года пользования. Наблюдения за динамикой влажности почвы проводились в период подготовки почвы к посеву озимой пшеницы. Почвенные пробы для определения влажности отбирались в такие сроки: 27.VI (после уборки трав на сено), перед вспашкой пласта; 10.VII (перед вторым сроком вспашки); 3.VIII (перед

третьим сроком вспашки пласта, после второго укоса) и, наконец, 20.VIII и 20.IX. Вспашку пласта под озимую пшеницу проводили по двум вариантам: без предварительного лущения и с лущением пласта. Глубина основной вспашки была 24 *см*. Результаты наблюдений за динамикой водного режима почвы приведены в таблице 3, где видно, что запас влаги в почве к моменту уборки многолетних трав был недостаточным; количество влаги в верхнем слое соответствовало 9,0% и на глубине 20—30 *см* — 10,5%. Но уже к 10.VII, т. е. по истечении двенадцати дней после вспашки, запас влаги на вспаханных вариантах опыта резко повысился — до 13,40% в верхнем и до 16,75% в нижнем почвенном слое; на невспаханных же участках влажность почвы была 8,75 и 10,80%.

Вспашка пласта через 12 дней после уборки трав значительно ухудшила водный режим почвы; заметно ухудшилось и качество пахоты; усилилось удельное сопротивление; увеличилась общая скважность, усиливается в этот период иссушение почвы вспаханного пласта.

Таблица 3

Динамика водного режима почвы в зависимости от сроков и приемов обработки пласта в подготовке его к посеву озимой пшеницы

(содержание влаги в % от абсолютно сухой почвы)

Сроки вспашки	Горизонт (в *см*)	Время наблюдений				
		27.VI	10.VII	20.VII	3.VIII	20.VIII
		Без применения лущения				
29.VI	0—20	9,45	13,40	10,35	14,75	13,45
	20—30	10,30	16,75	14,57	16,85	15,90
10.VII	0—20	9,35	8,75	10,42	13,45	10,30
	20—30	10,50	10,80	14,50	14,50	12,00
3.VIII	0—20	9,50	9,00	6,11	10,15	8,05
	20—30	10,30	10,65	7,42	12,95	10,35
		С применением лущения 29.VI				
10.VII	0—20	9,00	13,85	10,20	14,30	13,75
	20—30	10,55	16,80	15,55	17,00	16,80
3.VIII	0—20	9,25	12,47	10,00	12,60	9,10
	20—30	10,50	15,50	14,85	16,00	16,50

Неблагоприятные условия водного режима почвы были созданы и при поднятии пласта 3.VIII, т. е. после второго укоса трав.

Определение влажности в почве перед посевом озимой пшеницы показало, что самая низкая обеспеченность влагой оказалась на участках, вспаханных в августе. Здесь в верхнем слое почвы процент влаги был 8,05%, в нижнем (на глубине 20—30 *см*) — 10,30%. По вспашке непосредственно после снятия трав степень увлажнения почвы на глубине 0—20 *см* и 20—30 *см* к моменту посева озимой пшеницы соответствовала 13,45 и 15,90%.

Предварительное лущение пласта положительно сказалось на водном режиме почвы даже при вспашке 10.VII. Здесь влажность почвы к моменту посева озими соответствовала 13,75—16,80%; без предварительного лущения пласта — 10,30—12%.

На основании данных, характеризующих динамику влажности почвы под влиянием приемов обработки пласта многолетних трав можно заключить, что лучший водный режим почвы создается при вспашке пласта непосредственно после первого укоса трав, при подготовке почвы к посеву

озимой пшеницы и после второго укоса при размещении по пласту яровых культур, в частности яровой пшеницы.

Лущение пласта многолетних трав предохраняет почву от испарения влаги, способствует лучшему впитыванию летних атмосферных осадков. Накопление и сохранение почвенной влаги в период до проведения основной вспашки обеспечивает лучшее качество пахоты.

Основную вспашку взлущенного пласта под озимую пшеницу необходимо проводить не позже 10—15 дней после лущения. При подготовке пласта под яровые культуры взлущенный пласт можно пахать и в более поздние сроки, но не позже сентября в условиях Полесской зоны УССР.

II. РАЗЛОЖЕНИЕ КОРНЕВЫХ И ПОСЛЕУКОСНЫХ ОСТАТКОВ ТРАВ И НАКОПЛЕНИЕ В ПОЧВЕ ПЕРЕГНОЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ СРОКОВ И ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Органические вещества являются важнейшим фактором почвенного плодородия. Источником обогащения почвы органическим веществом является отмирающая корневая система растений, надземные растительные остатки, остатки различных животных и отмирающих микроорганизмов.

Разложению растительных остатков многолетних трав способствуют, главным образом, условия, обеспечивающие биологическую деятельность микроорганизмов. На интенсивность разложения влияет также степень устойчивости органических соединений, входящих в состав растительных остатков. Некоторые исследователи (М. Кононова) считают, что в первую очередь распаду подвергаются органические остатки бобовых трав, богатые азотом и бедные лигнином: наиболее медленно проходит процесс разложения корневых и стерневых остатков злаковых трав, содержащих значительное количество лигнина.

Вопрос о влиянии почвенной среды на интенсивность разложения органических остатков не получил достаточного разрешения; не получило достаточного освещения влияние сроков поднятия пласта на процесс разложения растительных остатков.

Ряд исследователей (С. П. Кравков, Н. С. Авдонин и др.) считают, что интенсивность разложения растительных остатков зависит от степени увлажнения почвы, температуры, аэрации. Процесс разложения органического вещества проходит медленно, особенно при недостатке в почве влаги.

Работами исследователей М. М. Годлина, Гулякина, В. П. Попова, Артамонова и др. установлено, что в условиях Лесостепи и Полесья, даже при летнем подъеме пласта многолетних трав, разложение корневых остатков проходит в год распашки лишь частично.

Данные наших опытов также свидетельствуют о том, что разложение корневых остатков при летней вспашке пласта растягивается на длительный период, что видно из таблицы 4.

Учет неразложившихся корневых остатков перед уходом в зиму (20.X) показал следующие результаты: по августовской вспашке оказалось неразложившихся растительных остатков — 56,6%, по сентябрьской — 87,5% от первоначального количества; учет корневых остатков после вспашки в позднеосенний период не производился.

Весной, перед посевом яровой пшеницы, самое большое количество неразложившихся корневых остатков было обнаружено в почве при поздней вспашке (85,5%); по сентябрьской вспашке неразложившихся органи-

ческих веществ было около 61,5%, по августовской вспашке — 46,1% от исходного запаса.

Таблица 4

Разложение корневых остатков в почве под влиянием сроков и глубины запашки пласта многолетних трав

Сроки вспашки	Глубина вспашки (в *см*)	Количество неразложившихся корневых остатков (в % от первоначального количества)				
		перед вспашкой		перед уходом в зиму	весной перед посевом	после уборки яровой пшеницы
		в *ц/га*	в %			
22.VIII	24	66,5	100	56,6	46,1	21,3
	30	66,5	100	62,4	58,6	22,6
22.IX	24	68,0	100	87,5	61,5	26,0
	30	68,0	100	87,5	67,8	25,0
28.X	24	68,0	100	—	85,5	33,6
	30	68,0	100	—	85,5	34,2

Учет неразложившейся массы в почве в конце вегетации яровой пшеницы, перед уборкой, показал, что за весенне-летний период наибольшее количество корневых и пожнивных остатков разложилось по варианту поздней вспашки, и меньше всего — при вспашке в августе.

После уборки пшеницы количество неразложившейся и полуразложившейся корневой массы, независимо от сроков вспашки, оставалось почти одинаковое, с колебанием от 21 до 33% от исходного количества, по вариантам опыта.

Глубокая вспашка пласта (табл. 4) не сказалась на интенсивности и результатах разложения органического вещества. Это объясняется влиянием легкого механического состава почвы и других физических свойств, влияющих на степень разложения органического вещества.

Наши наблюдения за степенью и интенсивностью разложения корневых и пожнивных остатков после запашки пласта второго года пользования дали аналогичные результаты, как и при вспашке пласта первого года пользования травами.

В наших опытах мы изучали также динамику разложения органического вещества при обработке пласта многолетних трав под озимую пшеницу. Результаты исследований о ходе разложения корневых и пожнивных остатков приведены в таблице 5.

Таблица 5

Ход разложения корневых остатков в почве в зависимости от сроков и приемов обработки пласта многолетних трав под озимую пшеницу

Срок обработки	Время наблюдений											
	27.VI		10.VII		1.VIII		20.VIII		5.V		27.VII	
	в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %
29.VI	112,0	100	—	—	—	—	72,5	34,8	33,6	30,0	22,8	20,3
10.VII	112,0	100	—	—	—	—	75,0	67,0	60,0	53,5	25,5	22,8
3.VIII	112,0	100	—	—	112,0	100	92,0	81,0	60,0	54,0	28,5	25,4
С применением лущения 27 июня												
10.VII	112,0	100	—	—	—	—	60,0	53,5	45,8	40,0	24,0	21,4
3.VIII	112,0	100	—	—	—	—	67,5	60,2	51,0	45,1	30,0	26,8

Из данных таблицы видно, что перед подъемом пласта в почве было около 112 *ц/га* воздушно-сухой массы органических остатков.

Наблюдениями также установлено, что от вспашки (29.VI) до посева озими органических остатков разложилось около 35% от общего запаса их в почве. В период от вспашки (10.VII) до посева озими количество разложившихся органических веществ было несколько меньше — 33%. Вспашкой пласта 3.VIII были созданы еще менее благоприятные почвенные условия для разложения корневых и пожнивных остатков. К моменту посева озими разложилось корневых остатков всего 19% от исходного запаса перед вспашкой пласта.

Менее благоприятный водно-воздушный режим почвы при более поздних сроках пахоты вызвал торможение процесса разложения корневых и пожнивных остатков.

Весной следующего года (5.V) в почве оставалось неразложившихся корневых и пожнивных остатков по ранней июньской вспашке около 30%; по июльской — 53% и по августовской — 60%. Учет неразложившихся органических остатков при уборке озимой пшеницы показал почти одинаковое количество неразложившихся органических остатков многолетних трав.

Лущение пласта ускорило процесс разложения дернины; количество неразложившихся органических остатков перед посевом озимой пшеницы на взлущенных делянках составляло около 53,5% от общего запаса; на невзлущенных вариантах опыта к этому же сроку (20.VIII) в неразложившейся форме их было около 67%. Это свидетельствует о достаточно длительном процессе разложения органического вещества в почве; особенно высокую стойкость к разложению проявляют органические остатки злаковых компонентов многолетних трав; неразложившуюся массу корней и стеблей тимофеевки обнаруживали в почве и после озимой пшеницы, идущей по обороту пласта.

Кроме исследований в полевых условиях, нами был проведен лабораторный опыт по изучению степени разложения корневых и стеблевых остатков многолетних трав. Свежевыкопанные корни с надземной массой клевера и тимофеевки прикапывались на опытном участке на глубину 18, 24 и 30 *см*. Поверхность почвы поддерживалась в течение всего опыта в рыхлом и увлажненном состоянии. Опыт был заложен ранней весной. После извлечения поздней осенью органических остатков из почвы оказалось, что листья и стебли клевера разложились полностью на всех глубинах заделки органической массы; корни были также затронуты процессом разложения.

Стеблевые и корневые остатки злакового компонента внешне сохранили полностью свою форму и были очень мало затронуты процессом разложения. Этим опытом также подтверждается, что разложение корней и надземной массы многолетних трав не заканчивается в течение одного года при летнем и даже весеннем подъеме пласта. В условиях недостаточного увлажнения почвы разложение органического вещества многолетних трав может растянуться на несколько лет, о чем свидетельствуют наши наблюдения.

III. СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

Под влиянием органического вещества почвы и характера его разложения изменяются ее физические свойства, восстанавливается и улучшается структура почвы — фактор повышения почвенного плодородия. Как известно, образование прочной структуры почвы обусловливается

наличием достаточного количества органического вещества, определенным соотношением механических фракций, достаточным количеством илистых частиц.

В наших опытах двухгодичная травосмесь не оказала значительного влияния на изменение структуры супесчаной почвы (табл. 6).

Таблица 6

Агрегатный состав почвы в зависимости от сроков и приемов обработки пласта многолетних трав (в %)

Время вспашки	Глубина горизонтов (в *см*)	Размер фракций (в *мм*)			
		> 1,0	1—0,25	< 0,25	сумма водопрочных агрегатов
22.VIII	0—20	44,7	35,7	19,6	23,0
	20—30	55,8	30,0	14,2	18,8
22.IX	0—20	47,6	38,2	14,2	22,4
	20—30	52,5	35,3	12,2	20,1
28.X	0—20	38,2	43,8	18,0	24,7
	20—30	44,0	42,4	13,6	19,8
Старопахотный участок	0—20	33,6	43,3	23,1	18,4
	20—30	43,7	40,0	13,7	18,0

Агрономически ценные фракции составляли 45—55%; причем водопрочность их была незначительной — около 10%; все же стойкие агрегаты размером более 0,25 *мм* составляли около 20—26%.

Как видим, влияние двухгодичной травосмеси на увеличение количества водопрочных агрегатов в почве было незначительно (4—5%). Общее количество прочных агрегатов в верхнем слое почвы колебалось от 20 до 24% и в нижнем — 18—20%. Одной из причин малого количества водопрочных агрегатов в почве является незначительное содержание илистых частиц (около 7—8% от веса всей почвы). Поэтому приемы обработки пласта не оказали заметного влияния на изменение структурных агрегатов почвы.

Значительно сказались сроки и приемы обработки пласта на питательном режиме почвы (табл. 7).

Из приведенных в таблице 7 данных видна значительная разница в ходе накопления нитратного азота в почве в зависимости от сроков подъема пласта. Количество нитратов на рано вспаханных участках резко повышается к концу осеннего периода; в то же время на участках, вспаханных в сентябре месяце, на отдельных вариантах обнаруживаются только «следы» нитратного азота. В весенне-летний период, во время вегетации яровой пшеницы, также отмечено большое различие в количестве питательных элементов по срокам вспашки пласта.

Нитрификационная способность почвы в весенний период достигла более высокого развития также при августовском подъеме пласта, что обеспечило здесь лучшие условия питания растения в ранний период вегетации.

Количество подвижных форм фосфорной кислоты в почве также возрастает под влиянием ранних сроков подъема пласта и улучшает фосфорное питание растений.

Такая же зависимость нами установлена и для растворимых форм калийных соединений почвы. В период посева яровой пшеницы наибольшее количество калия наблюдалось при раннем подъеме пласта; в верхнем слое почвы было 105,66 *мг*, в нижнем — 53,25 *мг* на 1 *кг* почвы; при поздней

октябрьской вспашке пласта количество калия было, соответственно, — 83,85 и 57,75 *мг*.

Таблица 7

Питательный режим почвы в зависимости от сроков и приемов обработки пласта многолетних трав

(в *мг* на 1 *кг* почвы)

Сроки вспашки пласта	Горизонты (*см*)	Время определений				
		10.VIII	20.IX	20.X	Перед посевом яровой пшеницы	После уборки урожая
		Нитратный азот				
22.VIII	0—20	6,58	17,56	27,66	56,42	10,47
	20—30	2,25	8,75	14,00	36,35	4,96
22.IX	0—20	5,56	3,58	4,33	23,54	12,55
	20—30	2,85	следы	2,56	12,00	5,17
28.X	0—20	6,56	3,55	следы	10,37	11,45
	20—30	2,55	следы	следы	8,30	8,50
		Фосфорная кислота				
22.VIII	0—20	52,73	—	—	98,55	98,00
	20—30	45,40	—	—	50,40	52,60
22.IX	0—20	48,52	—	—	81,93	72,27
	20—30	41,60	—	—	55,25	60,50
28.X	0—20	50,56	—	—	65,38	75,15
	20—30	43,23	—	—	48,20	50,20
		Калий водорастворимый				
22.VIII	0—20	66,85			105,58	67,30
	20—30	48,55			53,25	55,20
28.X	0—20	56,85			83,85	89,70
	20—30	48,30			57,75	56,80

Под влиянием лущения пласта также усиливается микробиологическая деятельность почвенной среды, повышается количество подвижных форм питательных элементов (табл. 8).

Таблица 8

Нитратный азот в почве под влиянием предварительного лущения пласта многолетних трав в осенний период

(в *мг*)

Сроки вспашки пласта	Глубина (в *см*)	Перед лущением	В момент вспашки	
			20.IX	20.X
22.IX	0—20	6,55	17,75	22,80
с лущением	20—30	3,60	6,68	11,77
без лущения	0—20	6,56	3,58	4,33
	20—30	2,85	следы	2,55
28.X	0—20	6,66	17,62	15,50
с лущением	20—30	3,25	7,35	6,30
без лущения	0—20	6,56	3,55	следы
	20—30	2,55	следы	следы

Лущение пласта многолетних трав проводилось непосредственно после снятия второго укоса, что обеспечило, вместе с тем, лучшее накопление почвенной влаги, умерщвление дернины.

IV. ВЛИЯНИЕ СРОКОВ И ПРИЕМОВ ОБРАБОТКИ ПЛАСТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ЯРОВОЙ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Приведенные в таблице 9 данные учета полевой всхожести, количества плодоносных стеблей, продуктивности кущения и др., а также учет урожая зерна яровой пшеницы свидетельствуют о значительном влиянии сроков и глубины вспашки пласта трав на развитие растений. Наиболее эффективной оказалась ранняя вспашка пласта под яровые культуры.

Таблица 9

Влияние сроков и приемов обработки пласта многолетних трав на структуру урожая яровой пшеницы

Элементы структуры урожая	Глубина вспашки (в *см*)	Сроки вспашки пласта: без лущения, 22.VIII	без лущения, 22.IX	без лущения, 28.X	с лущением, 22.IX	с лущением, 28.X
Количество растений на 1 *кв.м*	24	246	206	135	245	375
	30	245	217	130	257	255
Коэффициент продуктивного кущения	24	1,24	1,12	1,00	1,74	1,4
	30	1,24	1,23	1,00	1,30	1,4
Длина колоса (в *см*)	24	7,8	7,4	7,0	8,1	8,0
	30	7,8	7,6	7,1	8,0	8,0
Количество колосков в колосе	24	15	13	11	14	13
	30	15	13	11	15	13
Количество зерен в колосе	24	30	27	17	28	19
	30	30	30	17	29	20
Вес зерна в колосе (в *г*)	24	1,06	0,94	0,58	1,03	0,88
	30	1,14	1,13	0,63	1,17	0,82
Урожай зерна яровой пшеницы (в *ц/га*)	24	13,84	10,00	5,24	16,91	11,7
	30	15,93	10,34	5,26	17,52	11,6

Более высокая продуктивность растений яровой пшеницы по ранней, августовской вспашке пласта обусловливается лучшим увлажнением почвенного слоя и, в связи с этим, более высококачественной обработкой дернины, чем при более поздних сроках подъема пласта пересохшей почвы. При ранних сроках вспашки создаются также более благоприятные водно-воздушные и тепловые условия для микробиологических процессов.

В таблице 9 показано положительное влияние лущения пласта на развитие яровой пшеницы. Наиболее характерным показателем эффективности изучаемых агроприемов является урожай пшеницы. Самый высокий урожай яровой пшеницы был получен по пласту, вспаханному в сентябре на глубину 30 *см*, с предварительным лущением (17,52 *ц/га*).

При подъеме пласта в тот же срок и на ту же глубину, но без предварительного лущения пласта, урожай зерна яровой пшеницы снизился до 10 *ц/га*. Особенно низкий урожай (5,26 *ц/га*) яровой пшеницы был собран с участка, вспаханного в конце октября (28.X), но без предварительного лущения; лущение пласта непосредственно после укоса трав повысило урожай зерна пшеницы до 11,6 *ц/га*.

Как видим, лущение является весьма эффективным агроприемом в системе обработки пласта под яровые культуры, в частности под яровую пшеницу.

Сроки и приемы обработки пласта многолетних трав сказались также и на качестве зерна яровой пшеницы (табл. 10).

Таблица 10

Влияние сроков и приемов обработки пласта многолетних трав на качество зерна яровой пшеницы

Сроки вспашки пласта	Глубина вспашки (в *см*)	Вес 1000 зерен (в *г*)	Процент в зерне		
			общего азота	белка	золы
Без предварительного лущения					
22 VIII	24	38,6	2,651	15,11	1,72
	30	38,5	2,675	15,26	1,74
22.IX	24	37,8	2,450	13,96	1,77
	30	37,4	2,463	14,04	1,68
28.X	24	34,3	2,400	13,60	1,95
	30	34,5	2,426	13,83	1,90
С предварительным лущением					
22.IX	24	38,4	2,634	15,01	1,68
	30	38,7	2,615	14,94	1,71
28.X	24	38,2	2,640	14,04	1,72
	30	38,6	2,645	14,07	1,70

Ранняя вспашка пласта создала, как было указано, более благоприятные условия водного и питательного режима почвы, что благоприятно сказалось на продуктивности растений, на увеличении общего азота и белка в зерне, на повышении абсолютного веса зерна.

При ранней вспашке пласта содержание белка в зерне яровой пшеницы соответствовало 15,11%; при поздних же сроках подъема пласта количество белка снизилось до 13,6%. Ухудшение условий развития повысило количество зольных элементов в зерне яровой пшеницы, что снижает хлебопекарные качества муки.

Сроки подъема пласта многолетних трав и приемы обработки в значительной мере сказались на развитии и урожае озимой пшеницы.

Таблица 11

Элементы урожая озимой пшеницы под влиянием сроков и приемов обработки пласта многолетних трав второго года пользования

Урожайные показатели	Сроки вспашки				
	без лущения			с лущением	
	29.VI	10.VII	3.VIII	10.VII	3.VIII
Высота стеблей	117,2	110,6	101,9	113,2	107,4
Продуктивное кущение	3,8	2,8	2,7	4,8	2,8
Количество колосков в колосе	16,3	14,6	13,6	16,4	15,5
Длина колоса	9,0	8,0	6,5	8,8	7,4
Количество зерен в колосе	34	30	27	35	28
Вес зерна в колосе	1,36	1,17	1,05	1,35	1,27
Урожай зерна (в *ц/га*)	28,6	26,7	21,3	31,7	25,5

Ранней вспашкой пласта, непосредственно после снятия первого укоса трав на сено, были созданы наиболее благоприятные условия для развития озимой пшеницы. Вспашка пласта через 12 дней заметно ухудшила

развитие элементов структуры урожая. Подъемом пласта после второго укоса (3.VIII) еще более ухудшились условия продуктивного развития озимой пшеницы.

Предварительное лущение пласта с последующей вспашкой через 10—12 дней было самым эффективным вариантом нашего опыта с озимой пшеницей. Урожай зерна озимой пшеницы на участках с предварительным лущением пласта соответствовал 32,04 *ц/га*; на делянках без лущения пласта при вспашке 29.VI урожай был 28,6 *ц/га*. При подъеме пласта после второго укоса (3.VIII) урожай зерна пшеницы снизился до 21,3 *ц/га*.

Ранняя обработка пласта (после первого укоса) в условиях Полесья Украины положительно сказалась и на качестве зерна. При ранней вспашке пласта абсолютный вес зерна и процент белка в зерне был значительно выше, чем при вспашке в более поздние сроки.

ВЫВОДЫ

1. Процесс разложения корневых и пожнивных остатков многолетних трав, даже при летней запашке пласта, не заканчивается в год обработки и растягивается на более длительный период.

2. При летней вспашке пласта в течение летне-осеннего периода в почве разлагается около 60—70% корневых и пожнивных остатков.

3. Глубокая запашка дернины в условиях проведения опыта мало снижает темпы разложения корневых остатков в почве, что связано с характером механического состава почвы.

4. Лущение пласта ускоряет процесс разложения дернины, улучшает водный и питательный режим почвы. В результате предварительное лущение пласта заметно повышает урожай возделываемой культуры.

5. Вспашка пласта, непосредственно после укоса трав, создает более благоприятные условия водного и питательного режимов почвы и обеспечивает более высокий урожай сельскохозяйственных культур, высеваемых по пласту, чем при позднем подъеме пласта.

6. Урожай озимой пшеницы по ранней вспашке пласта с предварительным лущением в условиях проведения опыта составляет в среднем 31,75 *ц/га*. Урожай яровой пшеницы при соответствующей обработке пласта (ранняя вспашка взлущенного пласта) соответствует 17,52 *ц/га*.

7. В районах Полесья, не возделывающих льна, по пласту многолетних трав должна высеваться озимая пшеница, как более урожайная культура в сравнении с яровой пшеницей.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. Г. МИХАЛОВСКИЙ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. М. СОПИЛЬНЯК

ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА ЗИМОСТОЙКОСТЬ, УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Изучение предшественников озимых культур проводилось многими опытными сельскохозяйственными станциями Советского Союза. В результате многочисленных исследований была установлена возможность получения устойчивых и высоких урожаев озимых культур по занятым парам и непаровым предшественникам. Вместе с этим много внимания было уделено вопросу влияния чистых и занятых паров на почвенное плодородие, выяснению причин гибели озимых в осенне-зимний период, в связи с условиями возделывания озимых культур, в частности озимой пшеницы, что в значительной степени обусловливает размеры и качество урожаев.

Достаточно изучены причины гибели озимых культур от неблагоприятных условий возделывания и разработан ряд эффективных агротехнических приемов, устраняющих вредное действие пониженных температур, ледяной корки и прочих факторов, вызывающих гибель растений озимых культур.

Определенное положительное воздействие на повышение морозостойкости озимых культур оказывают и условия питания растений.

В работах М. Я. Школьника (1950), П. А. Власюка (1952), Д. Н. Прянишникова (1952), М. М. Окунцова (1946), Т. Т. Демиденко и Р. А. Бариновой (1940), А. Г. Михаловского и М. М. Сопильняк (1953, 1954) и др. достаточно выяснена физиологическая роль микроэлементов в жизни растений и в повышении стойкости их против вымерзания и других причин гибели.

Целью наших исследований было выяснить влияние предшественников на устойчивость растений озимой пшеницы против неблагоприятных условий возделывания; влияние предшествующей культуры на урожай и качество урожая озимой пшеницы.

Известно, что устойчивость растений, высота урожая и его качество определяются условиями возделывания культуры.

Одним из условий эффективности агротехнических мероприятий является повышение плодородия почвы, поддержание и улучшение прочной комковатой структуры ее; это обеспечивается путем накопления в почве органического вещества и созданием благоприятных условий для образования перегноя, правильной обработкой почвы и пр.

Запас органического вещества в почве частично пополняется за счет корневых и пожнивных остатков возделываемых многолетних и однолетних растений.

В наших опытах было получено следующее количество сена парозанимающих культур, пожнивных и корневых остатков (табл. 1).

Таблица 1

Влияние предшественников на урожай сена и количество корневых остатков

Предшественники озимой пшеницы	Урожай сена (в *ц/га*)	Корневых и пожнивных остатков (в *ц/га*)
Черный пар	0	0
Клеверный пар	26,8	32,15
Клевер + тимофеевка I года	33,0	36,50
Клевер + тимофеевка II года	27,0	31,65
Вико-овсяный пар	35,4	33,15
Люпиновый пар	150,4 *	60,45

Из таблицы 1 видно, что количество корневых и пожнивных остатков зависит от биологических особенностей растений и от условий возделывания парозанимающей культуры.

В зависимости от характера разложения корневых и пожнивных остатков часть их минерализуется, обогащая почву питательными веществами; разложение органических остатков в анаэробных условиях обеспечивает накопление гумуса в почве — обязательного фактора образования структурных агрегатов почвы (табл. 2).

Таблица 2

Влияние предшественников озимой пшеницы на содержание гумуса в почве, количество и прочность структурных агрегатов в пахотном горизонте

(0—25 *см*)

Предшественники	Количество гумуса (в %)	Количество водопрочных агрегатов (в %)			
		> 3 *мм*	3—1 *мм*	1—0,25 *мм*	всего < 0,25 *мм*
Черный пар	2,53	0,24	2,94	6,96	10,14
Клеверный пар	2,80	3,90	2,76	8,60	15,26
Клевер + тимофеевка I года	3,00	3,40	4,78	9,58	17,76
Клевер + тимофеевка II года . . .	3,08	4,20	6,78	8,84	19,82
Вико-овсяный пар	2,94	3,90	2,22	7,02	13,14

Анализируя данные, приведенные в таблице 2, мы видим, что под многолетними травами значительно увеличивается количество водопрочных агрегатов, обусловливающих улучшение структуры почвы.

Степень улучшения структурного состояния почвы под воздействием различных парозанимающих культур и длительность их использования по-разному сказывается на устранении неблагоприятных условий перезимовки озимых культур.

По мнению В. П. Мосолова (1953), различные почвы создают неодинаковые условия зимовки озимых культур. На бесструктурной почве растения вырастают слабые, малоустойчивые; в распыленной плотной почве отмечаются более резкие колебания температуры и влажности, а следовательно, создаются более суровые условия перезимовки растений.

На структурной почве создаются более благоприятные условия для роста растений, а крепкие, сильные растения лучше зимуют; поэтому все

* Здесь указано количество зеленой массы.

приемы агротехники, способствующие созданию структурной почвы, являются в то же время мерами борьбы с вымерзанием.

Академик Т. Д. Лысенко (1948) указывает на громадное значение структурного состояния почвы в перезимовке озимых культур. По его мнению глыбистая почва создает те неблагоприятные условия, при которых образуются в пустотах между комками почвы крупные кристаллы льда, которые разрывают и повреждают подземные части растений. Рассматривая ход кристаллизации почвенной влаги, Л. М. Розенфельд (1949) указывает, что замерзание воды в почве зависит от структуры последней, ее влажности и порозности, а также от химического состава и содержания органических веществ.

Важным показателем, характеризующим улучшение агрофизических свойств почвы под воздействием различных сельскохозяйственных растений, является наличие капиллярной и некапиллярной скважности. При наличии некапиллярных промежутков в почве улучшается газообмен. Наличие в структурной почве благоприятного соотношения воды и воздуха создает благоприятные условия для почвенных микроорганизмов, в результате деятельности которых в почве мобилизуются питательные вещества, находящиеся в ней в виде органического вещества.

Ниже приводим данные, характеризующие агрофизические свойства почвы в зависимости от структурного состояния последней (табл. 3.) в момент посева озими.

Таблица 3

Влияние предшественников на скважность почвы

Предшественники озимой пшеницы	Скважность почвы (в %)		Общая скважность
	капиллярная	некапиллярная	
Черный пар	36,5	13,5	50,0
Клеверный пар	36,4	16,4	52,8
Клевер + тимофеевка I года	37,8	15,2	53,0
Клевер + тимофеевка II года	34,5	20,3	54,8
Вико-овсяный пар	32,6	15,0	47,6
Люпиновый пар	30,6	14,7	46,3

Из данных таблицы 3 видно, что улучшение агрофизических свойств почвы находится в прямой зависимости от количества в ней органических веществ. С увеличением количества гумуса в почве возрастает прочность структурных агрегатов, а, следовательно, уменьшается содержание илистых частиц, что в свою очередь благоприятно сказывается на увеличении скважности почвы и улучшении аэрации ее.

Улучшение агрофизических свойств почвы в значительной степени влияет на ее водные свойства и питательный режим (табл. 4).

Из данных, приведенных в таблице 4, видно, что влажность почвы в черном пару, вико-овсяном и люпиновых парах в мае была несколько выше, чем в почве под клевером и клеверо-тимофеечной смесью, что объясняется возрастом парозанимающих культур.

После уборки парозанимающих культур и травосмесей влажность почвы несколько увеличилась и ко времени посева озимой пшеницы (24.VIII) почти снивеллировалась. Так, если в пахотном горизонте черного пара содержалось влаги 13,27%, то по занятым парам этот показатель составлял 10,5—11,8% по отдельным вариантам, что вполне достаточно для нормального развития молодых растений озимой пшеницы.

Таблица 4

Влияние предшественников озимой пшеницы на динамику влажности почвы

Предшественники	Горизонт (в *см*)	Время взятия проб					
		20.V	1.VI	10.VI	21.VI	24.VII	24.VIII
Черный пар	0—25	13,69	10,63	14,98	9,54	16,37	13,27
	25—40	14,90	12,20	16,79	11,88	17,09	10,66
Клеверный пар	0—25	8,17	9,03	11,45	7,14	12,86	11,83
	25—40	11,84	7,30	13,13	10,41	9,00	9,02
Клевер + тимофеевка I года	0—25	6,20	6,54	10,85	10,09	10,01	10,07
	25—40	8,27	6,00	11,50	11,44	9,53	10,80
Клевер + тимофеевка II года	0—25	7,50	8,16	10,02	8,03	13,62	9,30
	25—40	12,15	8,23	9,91	9,88	11,90	10,70
Вико-овсяный пар	0—25	11,80	12,70	12,08	7,04	12,82	9,70
	25—40	13,39	13,83	13,95	7,66	9,68	10,53
Люпиновый пар	0—25	13,96	12,70	13,03	6,05	12,31	10,13
	25—40	14,20	14,80	15,25	6,30	10,86	9,77

Различные парозанимающие культуры и непаровые предшественники создают неодинаковые условия роста и развития для растений озимой пшеницы.

Известно, что в период прохождения закаливания озимых растений синтез пластических веществ преобладает над гидролизом, вследствие чего в тканях растительного организма накапливаются растворимые углеводы, уменьшается содержание свободной воды в клетках и пр. Чем интенсивнее проходит процесс фотосинтеза и чем меньше расходуется продуктов ассимиляции на создание вегетативной массы, тем больше защитных веществ откладывается в запас на зиму (табл. 5).

Таблица 5

Влияние предшественников на рост, развитие и динамику хлорофилла растений озимой пшеницы

Предшественники	Перед уходом в зиму		Количество хлорофилла в листьях (в *мг* на 1 *г* сухого вещества)				
	коэффициент кущения	вес одного растения (в *г*)	16.X 1953	3.XII 1953	12.V 1954	1.VI 1954	20.VI 1954
Черный пар	3,4	1,140	13,7	12,2	12,5	11,0	8,9
Клеверный пар	3,2	2,000	9,6	10,6	13,7	11,8	7,6
Клевер + тимофеевка I года	4,7	2,740	12,1	11,06	11,1	9,8	6,8
Клевер + тимофеевка II года	7,5	3,750	13,4	8,2	7,6	6,8	5,6
Вико-овсяный пар	3,9	2,380	12,5	13,1	15,2	10,3	5,1
Люпиновый пар	2,8	0,980	12,6	12,1	14,0	12,4	11,5

Из приведенных данных видно, что наиболее интенсивным ростом отличались растения пшеницы, предшественником которой были многолетние травы двухлетнего пользования. Другие изучаемые предшественники оказали менее эффективное влияние на прирост вегетативной массы озимой пшеницы; особенно отставали в росте растения пшеницы по люпиновому пару.

Определение хлорофилла в листьях озимой пшеницы указывает, что у растений, предшественниками которых были многолетние травы одно-

и двухлетнего пользования и черный пар, жизнедеятельность листа была более высокая, фотосинтетическая работа листового аппарата была продолжительнее.

Однако прямой зависимости между количеством хлорофилла и урожаем зерна пшеницы не отмечается. Надо полагать, что величина урожая предопределяется не только количеством образовавшегося хлорофилла, а, очевидно, его качеством и активностью фотосинтетического процесса.

Косвенным показателем степени зимостойкости растений является наличие защитных пластических веществ (углеводы, коллоиды и др.) (табл. 6).

Таблица 6

Количество углеводов и коллоидов в растениях озимой пшеницы

(перед уходом в зиму)

Предшественники	Количество углеводов (в *мг* на 1 *г*) сухого вещества		Коллоиды (в *мг* на 1*г*) сухого вещества		Количество погибших растений (в %)
	моносахариды	сумма сахаров	обратимые	сумма коллоидов	
Черный пар	194	350	47,8	93	8,0
Клеверный пар	226	310	86,8	121,3	4,0
Клевер + тимофеевка I года	180,5	307	71,0	104,7	6,0
Клевер + тимофеевка II года	188	251	76,3	122,0	4,6
Вико-овсяный пар	189	309	58,9	89,0	6,2
Люпиновый пар	171,1	265,6	47,9	97,4	8,0

Из приведенных в таблице 6 данных следует, что между количеством обратимых гидрофильных коллоидов и морозостойкостью растений существует прямая корреляционная зависимость. Смесь многолетних бобово-злаковых трав и клевер в занятом пару создают благоприятные условия для накопления в растениях озимой пшеницы достаточного количества защитных веществ.

Условия развития растений влияют и на анатомо-морфологические изменения озимой пшеницы. Более зимостойкие растения озимых культур сильнее задерживаются с осени в росте, формируют более мелкие листья; внешние условия оказывают также влияние на рост и дифференциацию конуса нарастания. У растений более зимостойких точка роста (конус нарастания) развивается медленнее, а дифференциация его проходит довольно длительный период.

Перед уходом в зиму озимой пшеницы высота конуса нарастания соответствовала: по черному пару — 380 микронов; по клеверному пару — 352 микрона; по травам I и II года пользования соответственно была 369 и 396 микронов; по вико-овсяному пару — 369; по люпиновому — 405 микронов. Более зимостойкие растения характеризовались меньшими размерами конуса нарастания. Аналогичная зависимость наблюдалась и в дифференциации точки роста.

Так, по черному и люпиновому пару перед уходом пшеницы в зиму конус нарастания имел 4 бугорка, тогда как по другим вариантам он имел только 2—3 бугорка.

Интенсивное развитие конуса нарастания у растений, идущих по черному и люпиновому парах, и обусловило, очевидно, пониженную зимостойкость растений озимой пшеницы по этим предшественникам.

Конечный результат — урожай— предопределяет эффективность агротехнического мероприятия (табл. 7).

Таблица 7

Влияние различных предшественников озимой пшеницы на урожай и его качество

Предшественники	Урожай зерна (в *ц/га*)					Средний урожай (в *ц/га*)	Количество белка в зерне	
	1951 г.	1952 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.		(в %)	(в *ц/га*)
Черный пар	24,6	25,8	24,2	19,1	23,8	23,8	10,93	2,55
Клеверный пар	—	—	18,1	13,6	27,3	19,6	11,20	2,19
Клевер + тимофеевка I года	20,5	18,3	17,5	16,7	26,1	19,8	12,68	2,51
Клевер + тимофеевка II »	22,4	15,2	18,9	13,3	22,3	18,4	11,20	2,25
Вико-овсяный пар	—	—	21,4	18,4	26,5	22,1	11,47	2,53
Люпиновый пар	—	—	—	12,2	24,6	18,4	11,88	2,08

Точность опыта 2,4%.

Из приведенных данных видно, что предшественники озимой пшеницы оказывают определенное влияние не только на размеры урожая, но и на его качество (табл. 7).

Таблица 8

Эффективность изучаемых предшественников по урожайным данным парозанимающих культур и озимой пшеницы

Предшественники	Урожай парозанимающих культур		Урожай озимой пшеницы		Всего кормовых единиц (в *ц/га*)
	сена (в *ц/га*)	кормовых единиц (в *ц*)	зерна (в *ц/га*)	кормовых единиц (в *ц*)	
Вико-овсяный пар	35,4	15,58	22,1	26,52	42,1
Клевер + тимофеевка I года	33,0	16,50	19,8	23,76	40,26
Клевер + тимофеевка II года	27,0	13,50	18,4	22,08	35,58
Клеверный пар	26,8	14,47	19,6	23,52	37,99
Черный пар	0	0	23,8	28,56	28,56
Люпиновый пар	Зеленое удобрение		18,4	22,08	22,08

В системе агротехнических мероприятий по повышению урожая озимой пшеницы и его качества важная роль должна принадлежать приемам предпосевного воздействия на семена (зародыш) путем изменения (регулирования) условий внешней среды.

Мичуринская агробиология учит, что воздействие на растительный организм факторами внешней среды, произведенное в самом молодом его возрасте и даже в эмбриональном состоянии, приводит к наиболее глубоким существенным изменениям и обусловливает наибольшее повышение продуктивности растений.

Направленное изменение в развитии растений должно привести к уменьшению повреждения их, к повышению стойкости и продуктивности.

Применяя предпосевную обработку семян растворами микроэлементов, мы считали, что обработка вызовет изменения биохимических и физиологических процессов в зародыше, в его плазме, что в свою очередь скажется на дальнейшем развитии растительного организма.

Для предпосевной обработки семян озимой пшеницы были взяты растворы сернокислой меди ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) и сернокислого марганца ($MnSO_4$) концентрации 0,01% и 0,05% в количестве 35 *л* раствора на 100 *кг* семян.

Лабораторные исследования показали, что марганец значительно уси-

ливает первоначальный рост проростков и корешков. Действие меди, наоборот, вызвало даже некоторое торможение роста растений в первые дни их жизни.

Вегетационный опыт с озимой пшеницей был проведен по обычной методике. Сосуды находились в зимнее время в вегетационном домике. Это дало возможность установить степень морозостойкости растений озимой пшеницы под влиянием предпосевной обработки семян растворами микроэлементов.

Наблюдения за состоянием посевов перед уходом в зиму показали, что растения, выращенные в сосудах с обработкой семян растворами микроэлементов, имели более мощный вид, чем растения в контрольных сосудах. Листья этих растений отличались от контроля более интенсивной окраской.

Микроэлементы оказали и определенное положительное влияние на накопление защитных пластических веществ в тканях растений озимой пшеницы. Исследования проведены 2 декабря 1952 года (табл. 9).

Таблица 9

Влияние микроэлементов на накопление хлорофилла и углеводов в растениях озимой пшеницы

Схема опыта	Коэффициент кущения	Средний вес растения (в *г*)	Количество хлорофилла (в *мг* на 1 *г* сухого вещества)	Количество углеводов (в *мг/г*): сумма сахаров	Количество углеводов (в *мг/г*): в т. ч. моносахариды
Контроль	5,5	2,65	10,1	202,0	147,4
Обработка $CuSO_4$ 0,01%	5,9	3,17	12,1	240,0	168,0
Обработка $MnSO_4$ 0,05%	6,3	3,72	13,4	297,0	178,3

Данные, приведенные в таблице 9, указывают, что микроэлементы (медь и марганец) положительно влияют на синтез хлорофилла и накопление сахаров в растениях озимой пшеницы.

Микроэлементы несколько задерживают ростовые процессы в осенне-зимний период по сравнению с контрольными растениями, о чем свидетельствует различие в ходе формирования и дифференциации конуса нарастания.

Таблица 10

Влияние микроэлементов на ход формирования конуса нарастания

Схема опыта	Высота конуса нарастания (в микронах)				Число бугорков		
	2.XII	15.I	2.II	25.III	15.I	2.II	25.III
Контроль	185	215	275	341	3	5	9
Обработка $CuSO_4$ 0,01%	120	135	218	322	—	3	8
Обработка $MnSO_4$ 0,05%	137	150	223	318	—	3	7

Из данных таблицы 10 видно, что в контрольных растениях размеры конуса нарастания несколько превышали высоту конуса подопытных растений, что в значительной степени предопределяет и зимостойкость растений. И только с приближением весны, под влиянием температурного фактора, ростовые процессы в растениях значительно усиливаются, причем в конце марта (25.III) интенсивность роста конуса нарастания и его диференциация у растений всех вариантов опыта выразились почти одинаковыми показателями (341, 322, 318 микронов).

Путем лабораторных исследований нами было установлено, что микроэлементы, в частности медь, задерживают прохождение стадии яровизации, удлиняя ее на 10—14 дней по сравнению с контрольными растениями, что свидетельствует о повышении морозостойкости растений указанного варианта.

В результате перезимовки растений озимой пшеницы в вегетационных сосудах были получены следующие данные: в контроле погибших растений оказалось 62,5%; в варианте с медью — 15,7%; в варианте с марганцем — 12,5%.

Урожай зерна озимой пшеницы в вегетационном опыте составлял: в контроле $\frac{13,2\ г}{100\%}$ на сосуд; в варианте с медью — $\frac{16,3\ г}{123,4\%}$; в варианте с марганцем $\frac{16,41\ г}{124,3\%}$. Под влиянием микроэлементов урожай зерна повысился на 23,4—24,3% в сравнении с контрольными растениями.

В полевых условиях предпосевная обработка семян озимой пшеницы производилась растворами медного купороса и сернокислого марганца концентрации 0,01 и 0,05%. Кроме того, нами был введен вариант с внесением солей, содержащих микроэлементы, в рядки при посеве озимой пшеницы в количестве 3—5 *кг/га*.

Из полученных данных следует, что предпосевная обработка семян путем намачивания их в растворе более эффективная, чем внесение микроэлементов в рядки при посеве (табл. 11).

Таблица 11

Урожай озимой пшеницы в полевом опыте с предпосевной обработкой семян растворами микроэлементов

Схема опыта	1951/52 гг.		1952/53 гг.			1953/54 гг	
	урожай (в *ц/га*)	отношение веса соломы к зерну	урожай (в *ц/га*)	отношение веса соломы к зерну	абсолютный вес семян (в *г*)	урожай (в *ц/га*)	абсолютный вес семян (в *г*)
Контроль	27,2	2,9	17,3	2,4	33,3	28,1	40,9
$CuSO_4$ 0,01%	30,0	2,07	19,2	1,6	35,0	30,5	42,3
$CuSO_4$ 0,05%	29,8	2,9	18,2	3,1	34,2	29,8	41,8
$MnSO_4$ 0,01%	—	—	18,0	2,7	29,3	—	—
$MnSO_4$ 0,05%	—	—	18,5	1,2	32,4	—	—

Точность опыта 2,13%.

Из данных, приведенных в таблице 11, видим, что предпосевная обработка семян озимой пшеницы растворами микроэлементов благоприятно действует на формирование урожая. Средний урожай в варианте, где семена были обработаны раствором сернокислой меди, получен в 30,5 *ц/га*; средний урожай с контрольных участков составлял 27,2 *ц/га*.

Под влиянием меди в нашем опыте повысилось содержание белка в зерне пшеницы. В зерне контрольных растений содержалось белка 11,47%, а в варианте с медью — 12,37%.

Производственный опыт был проведен на площади 9 *га*. На контрольном участке получен урожай зерна $\frac{17,6\ ц/га}{100\%}$; в варианте, где семена были предварительно обработаны раствором медьсодержащей соли концентрации 0,01%, средний урожай составлял $\frac{20,4\ ц/га}{116\%}$.

ВЫВОДЫ

1. Эффективность предшественников озимой пшеницы по средним данным урожая зерна пшеницы и сена парозанимающих культур за 4 года можно представить в следующем порядке: вико-овсяный пар; клеверо-тимофеечная смесь I года; клеверный пар; клеверо-тимофеечная смесь II года; люпиновый и черный пар.

2. Занятый пар в условиях полесской зоны УССР является основным предшественником озимой пшеницы; чистые же пары являются временным агротехническим мероприятием, обеспечивающим успешную борьбу с сорняками полевых культур.

3. Предпосевная обработка семян озимой пшеницы растворами солей микроэлементов меди и марганца повышает морозостойкость и зимостойкость культуры.

4. Под влиянием предпосевной обработки семян повышается урожай зерна пшеницы в среднем на 2—3 *ц/га*.

5. Эффективность и простота приема по предпосевной обработке семян растворами микроэлементов заслуживает широкого испытания и внедрения в сельскохозяйственное производство, о чем свидетельствуют наши производственные опыты с озимой пшеницей.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. А. ЗЕЛЕНСКИЙ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. Е. КОШЕЛЕНКО,
ассистент

СЕЛЕКЦИЯ СОРТА ЛЬНА ДЛЯ ПОЖНИВНОГО ПОСЕВА

Одним из источников повышения урожайности и увеличения валовых сборов льна-долгунца являются пожнивные летние посевы этой культуры. Некоторыми исследователями в прошлом проводились пожнивные летние посевы льна. Так, еще в 1928 г. Всесоюзный институт растениеводства провел соответствующие опыты.

На Украине в полесских районах первый производственный опыт получения в один год с одной площади двух урожаев льна принадлежит звену Н. Заглады, а также Е. А. Саух и О. Х. Заике (Житомирская область, Черняховский, Емильчинский районы).

В условиях Житомирской области при посеве во второй декаде июля лен-долгунец дает только волокно, а при посеве в более ранние сроки получено небольшое количество зрелых семян.

При однократном посеве льна летом коробочки и семена в большинстве случаев имеют меньшие размеры, семена плохо выполнены, абсолютный вес их ниже веса семян, полученных при весеннем посеве.

Повторные летние посевы обычно проводятся семенами весеннего посева.

Мы поставили задачу методами селекции создать форму или сорт льна-долгунца, пригодного для летних пожнивных посевов.

Исследования начаты в 1953 г. и продолжаются до настоящего времени на опытном участке учебного хозяйства Сельхозакадемии.

Почва опытного участка — серая слабоподзолистая.

Предшественником льна был в 1953 г. клевер, в 1954 г. — озимая пшеница, в 1955 г. — травы.

Ежегодно вспашка поля проводилась осенью. Весной в почву вносились минеральные удобрения из расчета 3 *ц/га* суперфосфата, 1 *ц/га* калийной соли, 2 *ц/га* сульфата аммония.

До летнего посева льна поле поддерживалось в чистоте. Семена заделывали на глубину 2 *см*.

Исходным материалом для летнего пожнивного посева взят сорт льна-долгунца Светоч. Уже в начале работы были определены признаки и свойства, которыми должен обладать выводимый сорт. Семена такого сорта должны обладать способностью прорастать при высокой температуре, которая наступает в конце июля, и в относительно сухой почве. Созревать

семена должны в осеннее время, когда температура бывает пониженной, а влажность почвы и воздуха — повышенной. Далее, сорт должен быть в первый период вегетации засухоустойчивым. Продолжительность вегетации его должна быть примерно 80—85 дней.

Для создания сорта с перечисленными признаками были применены следующие методы.

В 1953 г. 11.IV провели посев льна-долгунца. За весь 1953 г. в районе проведения опыта осадков выпало очень мало. Поэтому растения достигли высоты в среднем 58 *см*. Уборка льна проводилась в фазе раннежелтой спелости. Семена дозрели в коробочках и 25.VII они были высеяны в поле.

Появление всходов и другие фазы развития растений в этом году проходили очень медленно. 1.IX проведена проверка состояния посева, которая показала, что часть растений начинает цвести, между тем, как другие едва достигли фазы образования елочки.

Растения, которые отличались быстрым ростом и развитием, были отмечены бумажными этикетками. 31.X отобранные растения были убраны. Эти растения дали зрелые семена. Абсолютный вес их был не высоким — 3,3 *г*, в то время как абсолютный вес семян льна весеннего посева равнялся 4,8 *г*.

В 1954 г. опыты продолжались. Посев льна проводился весной 5.V и летом 25.VII. Отметим, что летний пожнивный посев производили семенами, полученными из урожая летнего посева 1953 г. Уборка льна весеннего посева была проведена 25.VII и в этот день произвели пожнивный посев льна. Появление всходов и другие фазы развития льна пожнивного посева проходили не одновременно. Первые растения зацвели 1.IX, а массовое цветение наблюдалось 10.IX. Растения, которые зацвели 1.IX, были отмечены, урожай с них убрали отдельно и использовали для дальнейшей работы.

Климатические условия года были не совсем благоприятны. Температура воздуха и сумма осадков были ниже средних многолетних данных, а в осенний период — большие морозы. Семена оказались щуплыми. Абсолютный вес семян из урожая весеннего посева равнялся 3,9 *г*, абсолютный вес семян летнего пожнивного посева с общего участка 3,5 *г*. Однако в этом году из общего количества посева были отобраны более скороспелые. Убранные семена с этих растений имели абсолютный вес 3,7 *г*. Растения льна летнего пожнивного посева имели высоту 71 *см*, между тем, как растения весеннего посева в этом году имели среднюю высоту 70 *см*.

В 1955 г. селекционная работа была несколько расширена.

Весенний посев льна провели 14.IV. Всходы появились 2.V, весенние всходы были очень поражены льняной блохой, для борьбы с которой провели опыливание препаратом ДДТ. Средняя высота растений равнялась 80—90 *см*. Абсолютный вес семян 4,5 *г*. Летний пожнивный посев проводили в несколько сроков. 20.VII высеяли семена с отобранных по скороспелости растений в 1954 г. (абсолютный вес семян 3,7 *г*.). После освобождения площади из-под льна весеннего посева, а именно 23.VII, провели рыхление почвы и 25.VII посеяли лен семенами летней репродукции урожая 1954 г. (абсолютный вес семян 3,5 *г*). В этот же день посеяли для сравнения семена льна весенней репродукции урожая 1954 г. В опытах этого года было заметно, что рост и развитие льна пожнивного посева, засеянного семенами двухкратной летней репродукции, проходит быстрее, чем у льна, посеянного семенами весенней репродукции. Всходы семян льна с отобранных растений пожнивного посева появились на восьмой день после посева. Высота растений достигла 96 *см*. Уборку льна провели 20.X по наступлении

фазы раннежелтой спелости. Семена льна пожнивного посева получены выполненные, с абсолютным весом 4,1 *г*.

Таким образом, мы получили растения льна, которые имеют более короткий вегетационный период и дают полноценные семена при пожнивном посеве. Дальнейшие исследования мы направляем на очистку от «выщепенцев» созданной нами формы льна для пожнивного посева, а также уточняем приемы агротехники, в том числе предшественника, под лен летнего пожнивного посева.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ.
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. Г. МИХАЛОВСКИЙ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. С. ЧЕРНИЛЕВСКИЙ,
аспирант

ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЯ ЛЮПИНА НА ЗЕЛЕНОЕ УДОБРЕНИЕ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА СИДЕРАТА В ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ПОЛЕСЬЯ УССР

Применение зеленых удобрений является одним из наиболее эффективных агроприемов, повышающих урожай сельскохозяйственных культур в условиях Полесья. Оно обогащает почву органическим веществом и азотом и улучшает агрофизические свойства почвы. В результате разложения зеленой массы сидерата почвенный воздух непрерывно обогащается углекислотой, которая частично ассимилируется растениями через корневую систему; значительная часть этой углекислоты в процессе газообмена между почвенной средой и атмосферой выделяется в атмосферный воздух и ассимилируется растениями в процессе фотосинтеза.

В условиях нечерноземной полосы широко используется на зеленое удобрение культура люпина. По своей ценности в качестве зеленого удобрения люпин не уступает навозу. Его положительное действие сказывается на урожае культуры, идущей непосредственно после припахивания, а также и на последующие растения.

Люпин развивает мощную корневую систему, глубоко проникающую в почву, благодаря чему он легко использует почвенную влагу из более глубоких горизонтов и вместе с тем корневой системой задерживает вымывание легкоподвижных веществ в нижние горизонты почвы, что особенно ценно в условиях песчаных и супесчаных почв, которые отличаются высокой водопроницаемостью, легким выщелачиванием растворимых форм питательных веществ. Но следует отметить, что в этих условиях люпин как зеленое удобрение не совсем эффективно используется.

Запахивание люпина на зеленое удобрение под озимь производится обычно в начале августа месяца. В песчаных и супесчаных почвах Полесья при достаточном количестве осадков и высокой температуре в течение летне-осеннего периода зеленая масса сидерата быстро разлагается, образуя перегной и питательные вещества. При этом органическая форма азота переходит в значительной степени в минеральные формы, преимущественно в нитраты. Растения, посеянные по запаханному люпину в паровом поле, лишь частично используют накопившийся азот в почве.

Средний урожай озимой ржи выносит из почвы приблизительно около 20—25 *кг/га* азота. Значительная же часть минерального азота вымывается осенними осадками в более глубокие горизонты почвы и становится недоступной растению.

Для более рационального использования люпина на зеленое удобрение с тем, чтобы повысить его урожайность и способствовать большему накоплению органического вещества и элементов питания в бедных песчаных

почвах и вместе с тем ослабить процессы выщелачивания, мы исследовали некоторые приемы повышения урожая люпина на зеленое удобрение, а также приемы регулирования процессов разложения органического вещества сидерата.

С этой целью нами были проведены полевые опыты в учебно-опытном хозяйстве Украинской сельскохозяйственной академии. Почва дерново-подзолистая, супесчаная. Ниже приводим сокращенную схему полевого опыта, проведенного в 1954—1955 гг. в полевом севообороте, и урожай зеленой массы люпина при запахивании, а также урожай зерна озимой ржи.

Приведенные данные урожая зеленой массы люпина (табл. 1) свидетельствуют о высокой эффективности удобрений, внесенных под люпин, в частности действия торфа. Под влиянием торфа урожай зеленой массы люпина повышается в среднем на 46,4%; кроме того, почва значительно обогащается органическим веществом, элементами питания и улучшаются физические свойства почвы, обеспечивающие высокий урожай, высеваемый по люпиновому пару озимой ржи.

Таблица 1

Схема полевого опыта

Варианты	Схема опыта	Урожай			
		зеленой массы люпина		зерна озимой ржи	
		в *ц/га*	в %	в *ц/га*	в %
1	Люпин без удобрений (контроль)	194,0	100	17,34	100
2	20 *т/га* навоза под посев люпина	347,0	179	24,78	143
3	20 » » при запашке люпина	196,0	101	22,86	131
4	20 » торфа под посев люпина	282,0	146	21,90	127
5	20 » » при запашке люпина	201,0	103,5	20,37	118
6	$P_{60}K_{60}$ под люпин (в форме суперфосфата и калийной соли)	328,0	169	22,03	127
7	Люпино-овсяная смесь (2 : 1)	330,8	170	21,09	121
8	Под посев люпина 5 *ц/га* извести, 3 *т/га* перегноя, 3 *ц/га* фосфоритной муки (органо-минеральная смесь ВАСХНИЛ)	317,0	163	20,41	118

Прибавка урожая зерна озимой ржи по навозно-люпиновому удобрению составляет 43% от контроля, т. е. более чем на 7 *ц/га*. Прибавка же от торфа была около 27%, что составляет 5 *ц/га*.

Внесение навоза и торфа под посев люпина оказало более эффективное действие на урожай последующих культур, чем внесение их во время запахивания зеленой массы.

Одним из вариантов нашего опыта был посев люпина в смеси с овсом. Люпино-овсяная смесь дала значительно больший урожай зеленой массы сидерата и увеличила урожай зерна озимой ржи на 21%, что составляет около 4 *ц/га* по сравнению с контролем. Кроме того, примесь овса к зеленой массе люпина способствовала некоторому торможению разложения органической массы в почве, что подтверждается данными о количестве углекислоты в почвенном воздухе (табл. 2).

Под влиянием органо-минеральной смеси (вариант 8), внесенной под посев люпина, урожай зеленой массы сидерата увеличился на 63% от контроля, а урожай зерна озимой ржи на 18%, или на 3 *ц/га*. Этот простой, сравнительно дешевый и эффективный прием повышения урожая сидерата и последующих культур заслуживает внимания для широкого вне-

дрения его в колхозно-совхозное производство в условиях нечерноземной зоны.

Таблица 2

Количество углекислоты в почвенном воздухе в период разложения зеленой массы люпина

(в *мг* на 2 *л* почвенного воздуха)

Варианты	Схема опыта	Время определения	
		18.VIII	29.VIII
1	Люпин без удобрений (контроль)	12,18	16,72
2	20 *т/га* навоза под посев люпина	14,52	21,12
3	20 » торфа под посев люпина	11,44	15,84
4	20 » » при запахивании люпина	11,22	14,52
5	$P_{60}K_{60}$ под посев люпина	16,70	16,94
6	Люпино-овсяная смесь (2 : 1)	11,66	15,64
7	Органо-минеральная смесь ВАСХНИЛ	17,60	22,66

При изучении содержания углекислоты в почвенном воздухе в период разложения зеленой массы сидерата установлена некоторая зависимость интенсивности процесса разложения от внесенного торфа и от примеси овса к люпину в почве.

Как видно из данных таблицы 2, наибольшее количество углекислоты в почвенном воздухе содержалось по вариантам внесения навоза и органо-минеральной смеси под посев люпина. Органическое вещество, внесенное под посев люпина, способствует большей активизации микробиологических процессов в почве и повышению интенсивности разложения зеленой массы сидерата.

В вариантах с внесением торфяного удобрения в почву как при запашке люпина, так и при его посеве, а также в варианте с люпино-овсяной смесью разложение органической массы в почве проходило с наименьшей интенсивностью.

В таблице 3 приводим данные, характеризующие агрофизические свойства почвы в различных вариантах опыта. Образцы почвы были взяты после уборки ржи.

Таблица 3

Влияние форм органического удобрения на количество водопрочных агрегатов в почве

(в %)

Варианты	Схема опыта	Горизонты почвы (в *см*)			
		0—10		10—20	
		> 1 *мм*	1—0,25 *мм*	> 1 *мм*	1—0,25 *мм*
1	Люпин без удобрений (контроль)	0,82	34,92	1,56	34,60
2	20 *т/га* навоза под люпин	0,95	42,14	2,46	39,18
3	20 » торфа под люпин	0,92	41,24	2,34	39,81
4	20 » » при запашке люпина	0,98	41,75	2,38	40,09
5	Люпино-овсяная смесь (2 : 1)	0,89	38,29	1,63	39,74
6	Органо-минеральная смесь ВАСХНИЛ под люпин	0,86	39,44	1,60	38,38

Из данных таблицы видно, что количество водопрочных агрегатов было значительно больше на вариантах совместного применения зеленого удобрения с навозом и торфом. Так, на варианте при сочетании зеленого

удобрения с торфом количество водопрочных агрегатов > 0,25 *мм* увеличилось по сравнению с неудобренным люпином, в горизонте 0—10 *см* на 7%, а в горизонте 10—20 *см* на 6,3%. Культура люпина с овсом в смешанных посевах также благоприятно сказалась на процессе образования агрегатов почвы. В этом варианте количество водопрочных агрегатов увеличилось по сравнению с контролем соответственно на 3,44 и 5,2%.

В тесной связи с особенностями строения почвы находится динамика водного режима. Бесструктурные дерново-подзолистые почвы характеризуются высокой водопроницаемостью и способны удерживать только незначительное количество воды. Возделываемые на таких почвах растения очень часто страдают от недостатка влаги. Поэтому улучшение водных свойств таких почв является одной из основных задач полесского земледелия. Одним из приемов улучшения водных свойств является обогащение почвы органическим веществом. В таблице 4 приведены показатели влагоемкости дерновоподзолистой почвы в зависимости от вариантов опыта.

Таблица 4

Показатели влагоемкости дерново-подзолистой почвы в зависимости от удобрения люпина (в %)

Варианты	Схема опыта	Горизонты определения (в *см*)	Полная влагоемкость	Капиллярная влагоемкость
1	Исходные данные	0—10 10—20	20,5 18,6	17,0 16,6
2	Люпин без удобрений	0—10 10—20	22,7 24,8	19,8 18,0
3	Навоза 20 *т/га* под люпин	0—10 10—20	24,4 29,7	24,0 22,9
4	Торфа 20 » » »	0—10 10—20	24,8 30,9	23,5 25,7
5	» 20 » при запахивании люпина	0—10 10—20	24,9 28,5	23,7 24,9
6	Люпино-овсяная смесь (2 : 1)	0—10 10—20	23,7 26,1	22,7 23,3
7	Органо-минеральная смесь	0—10 10—20	23,14 25,4	20,6 21,8

Из приведенных данных видно, что влагоемкость изучаемой почвы заметно улучшается под влиянием различных форм органических удобрений — навоза и торфа, внесенных под люпин, а также при запашке люпина. Заметно повысилась влагоемкость почвы также под влиянием смеси люпина с овсом.

Капиллярная влагоемкость аналогично изменялась под влиянием различных вариантов опыта.

Характерным показателем агрофизических свойств почвы является соотношение между капиллярной и некапиллярной скважностью. В песчаных и супесчаных почвах большая часть пор представлена капиллярными промежутками, по которым идет перемещение влаги и осуществляется газообмен между почвой и атмосферой. Увеличение некапиллярной скважности в этих почвах является важной задачей земледелия. В таблице 5 приводятся данные, характеризующие изменение скважности почвы по вариантам опыта.

Таблица 5

Скважность почвы
(в %)

Варианты	Схема опыта	Горизонты определения (в *см*) 0—10 капиллярная	0—10 некапиллярная	10—20 капиллярная	10—20 некапиллярная
	Исходные данные	29,80	1,04	28,70	2,90
1	Люпин без удобрений (контроль)	35,60	2,26	34,70	3,98
2	20 *т/га* навоза под люпин	36,00	3,75	35,70	5,60
3	20 » торфа под люпин	36,08	3,41	37,70	5,22
4	20 » » при запахивании	35,90	3,40	37,60	5,30
5	Люпино-овсяная смесь	34,40	3,13	35,30	4,35

Из приведенных данных видно, что даже при одновременном обогащении почвы органическим веществом улучшается соотношение капиллярной и некапиллярной скважности почвы. Заметное увеличение общей скважности почвы отмечено под влиянием зеленого удобрения совместно с навозом или торфом, а также при смешанном посеве люпина с овсом.

Для более полной оценки влияния удобрений, внесенных под культуру люпина с целью повышения урожая сидерата, мы учитывали развитие корневой системы люпина по вариантам опыта. В таблице 6 приведены данные по учету корневой и надземной зеленой массы люпина. Для учета корневой системы брали почвенные монолиты на глубину 0—20 *см* и отмывали на ситах.

Таблица 6

Вес воздушно-сухой массы корней и зеленой массы люпина (*в ц/га*)
(опыт 1955 г.)

Варианты	Схема опыта	Корни	Надземная масса в сыром состоянии
1	Люпин без удобрений (контроль)	43,30	320
2	20 *т/га* навоза под люпин	70,44	530
3	20 » торфа под люпин	48,61	470
4	$P_{60}K_{60}$ под люпин	65,32	480
5	Люпино-овсяная смесь (2 : 1)	62,30	420
6	Органо-минеральная смесь ВАСХНИЛ	48,45	390

Установлено, что корневая система сельскохозяйственных растений не только многолетних, но при определенных условиях и однолетних (Т. С. Мальцев) улучшает физические свойства почвы, повышает ее плодородие.

В нашем опыте люпин под влиянием определенных условий выращивания образовал достаточно мощную корневую систему; корневая система в процессе развития механически воздействует на почву; увеличивает количество прочнокомковатых агрегатов; корни пронизывают почву в различных направлениях, разрыхляют подпахотный слой, улучшая этим аэрацию и скважность подпахотного слоя.

В проведенном опыте навоз, внесенный под люпин, оказал самое благоприятное влияние не только на развитие надземной массы, но и на корневую систему. Достаточно эффективной была и люпино-овсянная смесь, а также фосфорные и калийные удобрения. Здесь также корневая система люпина была более мощной, чем по другим вариантам опыта.

Улучшение условий развития корневой системы обеспечивает более интенсивный рост и развитие всего растения, повышая его продуктивность. В нашем опыте показана тесная взаимосвязь между развитием корневой системы, ростом и развитием всего растения и урожаем люпина.

Известно, что важнейшим фактором, обусловливающим развитие корневой системы, является биогенность среды, активность микробиологических процессов в почвенной среде, хорошая аэрация почвы. Под влиянием навоза, внесенного под люпин, биогенность почвенной среды в нашем опыте была лучше всего выражена.

ВЫВОДЫ

1. При возделывании люпина на зеленое удобрение целесообразно вносить непосредственно под сидерат органические и минеральные удобрения, в частности торф. Под влиянием торфяного удобрения, урожай зеленой масы люпина повысился в среднем за два года на 46,40%. Заметно улучшаются физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы. Внесением органических и минеральных удобрений можно значительно повысить урожай не только сидерата, но и последующих культур, высеваемых в люпиновом пару.

2. Навоз, внесенный под люпин, в процессе разложения органической массы значительно обогащает почву углекислотой; ускоряет минерализацию сидерата; почвенная среда обогащается элементами питания, значительно повышается урожай зеленой массы люпина и урожай озимой ржи.

3. Торф является прекрасным сорбентом, обеспечивающим меньшее выщелачивание питательных элементов в более глубокие почвенные горизонты. Кроме того, торф вызывает торможение процессов разложения массы люпина и, таким образом, снижает потери питательных легкоподвижных веществ вследствие их вымывания.

4. Люпино-овсянная смесь на зеленое удобрение является дешевым приемом обогащения почвы органическим веществом, приемом, которым можно регулировать процесс разложения сидеральной массы в нужном направлении. Люпино-овсяная смесь, также как и торф, задерживает процесс разложения органического вещества сидерата и тем самым снижает возможность выщелачивания подвижных элементов питания.

5. Органо-минеральная смесь ВАСХНИЛ повышает урожай зеленой массы сидерата в среднем за два года на 42,5% от контроля и урожай озимой ржи на 18%, или на 3 *ц/га*.

Этот прием повышения урожая сидерата и последующих культур является вполне эффективным в повышении урожая на дерново-подзолистых почвах Полесья.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. Ф. ПЕРЕСЫПКИН,
доктор биологических наук, профессор

ОБ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ БАКТЕРИОЗА КОРНЕЙ ОЗИМОГО РАПСА *XANTHOMONAS CAMPESTRIS (PAMMEL) DOWSON* И *PSEUDOMONAS FLUORESCENS MIGULA VAR. NAPI PERESSUPKIN*

В конце прошлого столетия появились работы ряда исследователей, свидетельствующие о возможном изменении свойств микроорганизмов.

Одними из первых работ в этом направлении были исследования Н. Ф. Гамалея [5, 6], результаты которых опубликованы им в 1894 и 1896 г. в еженедельной газете «Врач». Действуя солями лития на культуры бактерий холеры, тифа и др., Н. Ф. Гамалея получал измененной формы (гетероморфные) тела в виде гигантов, шаров и микромитов. Первые в 10 раз превышали размер исходных форм, вторые имели шарообразную форму, и третьи были сплетением тончайших нитей. Все полученные формы хорошо окрашивались анилиновыми красками, но не были способны к самостоятельному размножению. Пересевы этих гетероморфных культур или были стерильны, или давали снова обычные формы бактерий.

При действии на культуры бактерий кофеином Н. Ф. Гамалея получал не только гетероморфные бактерии, но и обнаруживал прямое воздействие на бактерии сибирской язвы — они лишались способности окрашиваться анилиновыми красками.

Изменчивость бактерий особенно стала привлекать внимание многих исследователей в связи с открытием фильтрующихся вирусов Д. И. Ивановским [9, 10] в 1892 г. Исследованиями ряда ученых было доказано, что многие патогенные бактерии, вызывающие заболевания человека и животных могут давать фильтрующиеся формы, которые при введении в организм животного образуют исходную культуру бактерий. Так, Шмидт [32] при внутривенном введении кролику 1 *мл* фильтрата автолизата, возбудителя свинной чумы, вызывал гибель животного на десятые сутки, а из сердца и из печени выделял чистую культуру бактерий.

Фильтрующиеся формы бактерий были обнаружены: у туберкулезной палочки Фонтесом [30], у брюшнотифозных бактерий Альмквистом [29], у спирохет возвратного тифа Нови и Кнаппом [31] и у многих других.

Изучению фильтрующихся форм бактерий посвящено много трудов отечественных ученых, разработавших и методику их исследований. Здесь, прежде всего, следует отметить работу В. В. Сукнева и Г. А. Вольферц [25], предложивших метод «кормилок» из сарцин и стафилококков для получения видимого роста дизентерийных бактерий из фильтратов бульонной культуры на искусственных средах. Этот метод с успехом применяется сейчас

и для получения визуальных форм бактерий из фильтратов многих других возбудителей заболеваний человека и животных.

Работами М. Д. Утенкова [26], В. В. Сукнева [24], П. Г. Калины [13, 14, 15], С. Н. Муромцева [18, 19], П. Е. Визиря, А. М. Пасечниковой и В. Н. Шур-Шультц [1, 2, 3], Д. Г. Кудлай [16] и многих других доказано не только существование фильтрующихся форм бактерий, являющихся возбудителями, главным образом, кишечных заболеваний, но и их большая изменчивость под влиянием условий среды.

В последние годы, особенно после августовской сессии ВАСХНИЛ в 1948 г. и известной работы О. Б. Лепешинской [17], посвященной происхождению клеток из живого вещества *, усилились исследования изменчивости микроорганизмов. Многие авторы стали рассматривать преобразование фильтрующихся форм бактерий в визуальные как стадии развития микроорганизмов. Имеются и противники этого воззрения, рассматривающие преобразование фильтрующихся форм бактерий в видимые формы как простую реверсию.

Не вдаваясь в разбор существующей в настоящее время полемики по данному вопросу (это не входит в нашу задачу, к тому же у нас для этого нет достаточного материала собственных исследований), все же укажем, что изучение изменчивости микроорганизмов имеет огромное общебиологическое и практическое значение.

Общебиологическое значение исследований изменчивости микроорганизмов заключается в том, что оно дает возможность полнее понять закономерности развития органической природы.

Придавая огромное значение работам, объясняющим происхождение жизни на земле, Ф. Энгельс [27] писал, что «...с тех пор как нам стали известны бесструктурные монеры, становится нелепостью пытаться объяснить возникновение хотя бы одной единственной клетки прямо из мертвой материи, а не из бесструктурного живого белка, и воображать, что можно принудить природу при помощи небольшого количества вонючей воды сделать в 24 часа то, на что ей потребовались тысячелетия». (Диалектика природы, стр. 239—240, 1952).

Практическая значимость исследований изменчивости микроорганизмов состоит в том, что они позволяют правильно уяснить пути возникновения инфекции, найти методы борьбы с ней, а при получении новых форм и даже видов микроорганизмов отыскивать такие, которые могут быть с успехом использованы в промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

Следует указать, что при постановке работ по изучению изменчивости микроорганизмов некоторые исследователи допускали погрешности методического порядка. Результаты таких работ неизбежно приводили к неправильным выводам и дискредитированию этой крупнейшей проблемы биологии.

До настоящего времени исследования в области фильтрующихся форм бактерий касались главным образом возбудителей заболеваний человека и животных и в этом отношении получены весьма интересные данные. Что же касается фитопатогенных бактерий, то подобных исследований не проводилось. Между тем, частые случаи обнаружения бактериальных заболе-

* Некоторые положения, выдвинутые О. Б. Лепешинской, в настоящее время рядом авторов [6, 7, 22] оспариваются и не находят подтверждения в их исследованиях. Однако все как сторонники работ О. Б. Лепешинской [8, 23], так и ее оппоненты согласны с важностью исследований, направленных на выяснение путей происхождения клеток из неклеточного вещества. Работы в этой области, как мы полагаем, могут оказать ценную услугу и для более глубокого познания патологических явлений у растений и животных.

ваний внутри растений без каких-либо механических повреждений извне пока не могут быть объяснены проникновением инфекции через общепризнанные пути.

В. П. Израильский [11] впервые в 1952 г. высказал предположение о том, что фитопатогенные бактерии в фильтрующемся состоянии могут проходить в растения и находиться в сосудистых пучках или внутри клеток в недеятельном состоянии до момента ослабления растений от неблагоприятных условий среды. Следует указать, что самим В. П. Израильским [12] получены интересные данные по этому вопросу в отношении клубеньковых бактерий. Он пришел к выводу, что клубеньковые бактерии в фильтрующейся форме могут проходить через мембранные фильтры и свечи Беркефельда. В его опытах некоторые фильтрующиеся формы регенерировали и образовывали клубеньки на растениях. В большинстве же случаев регенерирующие формы клубеньков не давали.

На основании своих исследований В. П. Израильский пришел к убеждению, что клубеньковые бактерии проникают в растение в стадии так называемых швермеров.

Изучением фильтрующихся форм клубеньковых бактерий занимались также и Ольмон и Болдуин [28]. Полученные фильтраты от фильтрации клубеньковых бактерий через фильтры Беркефельда в их опытах давали рост колоний бактерий, но совершенно отличных от исходных. При искусственном заражении эти бактерии, как правило, не образовывали клубеньков на корнях бобовых растений. В двух же случаях культуры неслизистого штамма превратились в нормальную форму и вновь приобрели способность вызывать образование клубеньков на растениях клевера.

Проведенные нами [20, 21] гистологические исследования растений озимого рапса, пораженных бактериозом, показали, что заболевание в корнях может возникать как при наличии повреждений, нанесенных насекомыми или механическим путем, так и при отсутствии таковых. Последние явления, т. е. заболевания без внешних повреждений, мы всегда наблюдали при наличии внутри корней полостей и связанных с ними выделений камедеобразной массы, близкой к пектиновым веществам, внутри сосудов, прилегающих к полостям. Обнаружение заболевания внутри корней без каких-либо повреждений извне наводило нас на мысль о возможном проникновении в растение фильтрующихся форм бактерий, которые при благоприятных условиях (при появлении в сосудах камедеобразной массы) образуют визуальные формы, способные при дальнейшем ослаблении растений быстро размножаться и вызывать гибель растений вследствие загнивания в области корневой шейки, что часто наблюдается в весенний период.

В связи с указанным мы произвели специальные исследования по получению фильтрующихся форм из бактерий, являющихся возбудителями бактериоза озимого рапса, а также попытались получить исходные культуры бактерий из этих фильтратов. При постановке этих исследований нами были получены ценные указания от доктора медицинских наук П. Е. Визира — заместителя директора Института микробиологии АН УССР.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В пробирку с суточной культурой бактерий, выросших на косом 2-процентном картофельном агаре, наливали по 5 *мл* стерильной воды и получали суспензию бактерий. Затем эту суспензию стерильно отсасывали и по 2 *мл* заливали в матрацы с картофельным агаром, равномерно распределяя ее по всей поверхности среды. Для каждой культуры бактерий

готовилось по 2 матраца. После заливки суспензии бактерий матрацы помещались в термостат при температуре 25° на двое суток.

На третьи сутки в матрацы заливали по 12 *мл* стерильной воды и получали новую суспензию из выросших колоний бактерий в матрацах. Эту суспензию стерильно отсасывали в стерильные пробирки и выдерживали в термостате при температуре 25° в течение 10—12 дней с целью получения детрита (содержащего фильтрующиеся формы бактерий). За этот период чистоту суспензии бактерий проверяли пробным посевом мазков в чашки Петри на картофельный агар. При обнаружении роста посторонних колоний, пробирки с суспензией культуры бактерий выбраковывались.

Фильтрация детрита проводилась через стерильный фильтр Зейтца с азбестовой пластинкой «СФ». Полученный фильтрат сохраняли в стерильных пробирках в течение 30 дней, производя им посев в чашки Петри на картофельный агар через каждые 10 дней.

В первых опытах при посеве фильтратов пользовались методом кормилок по В. В. Сукневу и Г. А. Вольферц [25], а в последующих опытах кормилки не применяли, но всегда к картофельному агару добавляли дрожжевой экстракт — по 1 *мл* на чашку *.

Засеянные фильтратами чашки Петри помещали в термостат при температуре 25° на срок до появления колоний бактерий. С начала роста колоний чашки Петри детально просматривались и записывались результаты наблюдений.

Из колоний бактерий, появившихся в чашках Петри, производили отсев в пробирки на косой картофельный агар, с последующим изучением этих бактерий по морфологическим и биохимическим показателям.

В связи с тем, что новые формы бактерий, полученные из фильтратов, резко отличались от исходных, и при их многократном пересеве через каждые 5 дней на картофельный и рапсовый агар почти не изменялись, мы применили посев фильтратов и новых (коккообразных) форм бактерий на кусочки корней озимого рапса. Для указанной цели брали только здоровые корни — без внешних поражений и без проявления заболевания внутри (определение пораженности производилось глазомерно). Такие корни двукратно обжигались, затем помещались в стерильные чашки Петри и при помощи стерильного ланцета разрезались продольно и поперечно на кусочки. Каждый кусочек корня вновь обжигался и помещался в стерильную пробирку с последующим нанесением на него фильтрата или новых форм бактерий, полученных из фильтрата. Нанесение коккообразных форм бактерий и фильтрата производилось при помощи платиновой иглы, предварительно обожженной на огне.

Опытов с нанесением на кусочки корней озимого рапса фильтратов или новых форм бактерий, полученных из фильтратов, ставили два. В первом опыте кусочки корней помещали в сухие стерильные пробирки, а во втором — их помещали в стерильные пробирки с водой и тампонами из фильтровальной бумаги.

В обоих этих опытах использовались фильтраты и новые формы бактерий, полученные от исходных форм бактерий *Xanthomonas campestris* штамма № 6 и *Pseudomonas fluorescens var. napi* штамма № 4. Каждый опыт имел контроль — кусочки корней без нанесения фильтрата или новых коккообразных форм бактерий. Повторность опытов — десятикратная.

---

* В этих опытах всегда были контрольные чашки Петри с посевом сарцин или дрожжевого экстракта. В этих чашках никогда не обнаруживался рост колоний, подобных колониям, появляющимся при посеве фильтратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Первые фильтраты нами были получены 3.II 1955 г. для *Xanthomonas campestris* по штамму № 3 (выделенному из озимого рапса) и № 8003б (выделенному из капусты). Первый посев фильтрата в чашки Петри на картофельный агар с дрожжевым экстрактом был произведен 12.II 1955 г. Для подкормки по методу Сукнева и Вольферц брались сарцины, которые наносились в виде 4 перекрестных мазков.

На шестой день после посева в чашках Петри, засеянных фильтратом штамма № 8003б, вокруг мазков сарцины были обнаружеь очень мелкие колонии светло-зеленого цвета. В чашках Петри, засеянных фильтратом штамма № 3, роста колоний не обнаружено ни на шестой ни в последующие дни.

В связи с обнаружением помутнения в фильтратах на 15-й день после их получения, мы 18.II 1955 г. произвели повторный посев фильтратов в чашки Петри с картофельным агаром и дрожжевым экстрактом, но уже без сарцин. В этих чашках колонии были обнаружены на четвертый день после посева; они были очень мелкие и проявляли слабый рост.

Из выросших колоний в чашке, в которой высевался фильтрат штамма № 8003б по методу Сукнева и Вольферц, и в чашках, где высевались фильтраты штаммов № 8003б и № 3 без сарцин, были произведены отсевы в пробирки на косой картофельный агар для дальнейшего их изучения по морфологическим и биохимическим показателям. Всего было выделено 4 штамма новых бактерий: № 3а, полученный из фильтрата штамма № 3, и №№ 8003б/1, 8003б/2 и 8003б/3 — полученные из фильтрата штамма № 8003б.

В результате изучения новых штаммов бактерий из фильтратов было установлено следующее.

Бактерии штамма № 3а на картофельном агаре образуют очень мелкие, слабо растущие колонии, вначале белые с зеленоватым, а позже с желтоватым оттенками. Они неправильной коккообразной формы и несколько вздутые. Движение — броуновское. При окраске по Граму встречаются отрицательные и положительные. На средах цветного ряда индифферентны — на сахарах кислот не образуют, желатин не разжижают, молоко не свертывают и не пептонизируют, индола и сероводорода не образуют, редукции нитратов в нитриты не производят.

Бактерии штамма № 8003б/1 образуют мелкие округлые колонии с бугорками на вершине и имеют белый цвет с желтоватым оттенком. При просмотре мазка, окрашенного по Граму, обнаружено, что бактерии коккообразной формы, сильно вздутые, большинство грамотрицательные, но встречаются и грамположительные.

Бактерии штамма № 8003б/2 образуют мелкие округлые колонии вначале флуоресцирующие, позже белые с зеленоватым оттенком. При просмотре мазка, окрашенного по Граму, обнаружено, что бактерии неправильно коккообразной формы, большинство грамположительные, но встречаются и грамотрицательные.

Бактерии штамма № 8003б/3 образуют мелкие округлые колонии, имеющие белый цвет с зеленоватым оттенком. При просмотре мазка, окрашенного по Граму, обнаружено, что бактерии коккообразной формы, некоторые сильно вздутые, большинтво грамотрицательные, но иногда встречаются и грамположительные.

Все эти 3 штамма бактерий (№ 8003б/1, 8003б/2 и 8003б/3) при посеве на цветной ряд, также как и бактерии штамма № 3а, ведут себя индифферентно, движение проявляют только броуновское.

При дальнейших многократных пересевах в течение четырех месяцев на картофельный, а затем и на рапсовый агар все штаммы бактерий, выделенные из фильтратов, не изменились — продолжали сохранять свою прежнюю форму и поведение на цветном ряду.

Фильтраты из штамма № 4 (*Pseudomonas fluorescens var. napi*) и из штамма № 6 (*Xanthomonas campestris*) были получены 25.II 1955 г. Они выдерживались в термостате при температуре 25° до 14.III, т. е. до начала появления опалисценсии, после чего был произведен первый их посев в чашки Петри на картофельный агар.

Засеянные фильтратами чашки Петри находились в термостате при температуре 25° в течение 15 дней, но роста колоний бактерий в них не обнаруживалось. В связи с этим 23.III был произведен повторный посев фильтратов. На этих посевах рост колоний бактерий был обнаружен 29.III.

30.III 1955 г. из чашек с выросшими колониями из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi* (штамма № 4) было выделено 2 штамма бактерий, которым присвоены номера: 4а/1 и 4а/2. Из чашек с выросшими колониями из фильтрата *Xanthomonas campestris* (штамма № 6) также было выделено 3 штамма бактерий, которым присвоены номера: 6а/1, 6а/2, 6а/3.

Бактерии, полученные из фильтратов *Pseudomonas fluorescens var. napi* и *Xanthomonas campestris*, характеризуются следующими показателямии:

№ 4а/1 — коккообразной формы, часто собраны в виде изогнутых цепочек, встречаются грамположительные и грамотрицательные, на картофельном агаре колонии белые с желтоватым оттенком, а на рапсовом агаре бесцветные, рост колоний очень слабый;

№ 4а/2 — коккообразной формы, расположены часто кучками, встречаются грамположительные и грамотрицательные, колонии на картофельном и на рапсовом агаре светло-желтые, рост колоний пышный;

№ 6а/1 — коккообразной формы, расположены поодиночке и кучами, встречаются грамположительные и грамотрицательные, колонии на картофельном агаре мелкие, светло-желтые, а на рапсовом агаре бесцветные, рост колоний очень слабый;

№ 6а/2 — коккообразной формы, часто собраны в виде изогнутых цепочек, грамотрицательные, колонии на картофельном агаре желтые, а на рапсовом бесцветные, рост колоний слабый;

№ 6а/3 — коккообразной формы, часто собраны в виде изогнутых цепочек, встречаются грамположительные и грамотрицательные, колонии на картофельном агаре светло-желтые, а на рапсовом бесцветные, рост колоний сильнее, чем в №№ 6а/1 и 6а/2.

Все эти штаммы бактерий на цветном ряду проявляют индифферентность. При многократных пересевах в течение трех месяцев не изменились.

В связи с отсутствием роста исходных форм бактерий при посеве фильтратов на искусственные среды мы предприняли посев фильтратов и полученных коккообразных форм на кусочки корней озимого рапса, рассчитывая, что создание условий близких к естественным, может оказать существенное влияние на их рост и развитие.

Для опыта были взяты фильтраты *Pseudomonas fluorescens var. napi* и *Xanthomonas campestris* и их кокковые формы — штаммы №№ 4а/1 и 6а/1.

Первый опыт был поставлен 7.IV 1955 г. В этом опыте фильтраты и кокковые формы бактерий наносились на кусочки корней озимого рапса, которые были помещены в сухие стерильные пробирки. Через 10 дней, т. е. 17.IV, при помощи платиновой иглы из этих кусочков корней, засеянных фильтратами и кокковыми формами бактерий, а также из контрольных образцов произвели посев в чашки Петри на картофельный агар.

Из наиболее характерных колоний, выросших в чашках Петри, произвели выделение бактерий с последующим их определением по морфологическим признакам и серологическим методам путем постановки реакции агглютинации. Результаты этого опыта сведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты опыта по нанесению фильтратов и коккообразных форм бактерий *Xanthomonas campestris* и *Pseudomonas fluorescens var. napi* на кусочки здоровых корней озимого рапса, помещенных в сухие стерильные пробирки

№ схемы опыта	Схема опыта	Количество пробирок с кусочками корней озимого рапса	Через 10 дней дали рост колоний бактерий при посеве в чашки Петри	В том числе по видам бактерий			
				Xanthomonas campestris	*Pseudomonas fluorescens var. napi*	Коккообразные формы	Другие бактерии
1	Контроль — без нанесения фильтрата и коккообразных форм	10	2	—	1	—	1
2	Нанесение коккообразных форм штамма № 6а/1, полученных из фильтратов *Xanthomonas campestris*	10	10	1	—	9	—
3	Нанесение фильтратов *Xanthomonas campestris*	10	5	1	—	3	1
4	Нанесение коккообразных форм штамма № 4а/1, полученного из фильтрата *Pseudomonas ftuorescens var. napi*	10	10	—	—	9	1
5	Нанесение фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	10	3	—	—	2	1

Из данных таблицы 1 видно, что фильтраты и коккообразные формы при посеве их на кусочки корней озимого рапса начали претерпевать некоторые изменения. Однако эти изменения мало показательны и не могут служить доказательством перехода фильтрующихся форм в исходную культуру.

Следует отметить, что кусочки корешков за 10 дней пребывания в сухих стерильных пробирках сильно высохли, что не могло не сказаться и на результатах опыта.

В связи с неудачей первого опыта мы поставили второй опыт, в котором кусочки корней помещали не в сухие стерильные пробирки, а в стерильные пробирки с водой и тампонами из фильтровальной бумаги. Этот опыт был поставлен 6.V 1955 г.

Первый отсев из кусочков корней в чашки Петри на картофельный агар производился 29.V, т. е. спустя 23 дня от момента нанесения на них фильтратов и коккообразных форм бактерий.

В результате проверки выросших колоний бактерий в чашках Петри по морфологическим, биохимическим и серологическим показателям были получены весьма интересные данные, которые представлены в сводной таблице 2.

Из данных этой таблицы видно, что коккообразные формы штамма 6а/1, посеянные на внешне здоровые кусочки корней озимого рапса, во всех случаях через 23 дня превратились в исходную форму *Xanthomonas campestris*. Это наглядно подтверждается рисунками 1, 2 и 3 (микрофотографии, увеличение в 1500 раз), а также данными по агглютинации, представленными в таблице 3, и данными по цветному ряду, представленными в таблице 4.

Таблица 2

Результаты опыта по нанесению фильтратов и коккообразных форм бактерий *Xanthomonas campestris* и *Pseudomonas fluorescens var. napi* на кусочки здоровых корней озимого рапса, помещенных в стерильные пробирки с водой и бумажными тампонами

(отсев первый — 29.V 1955 г.)

№ схемы опыта	Схема опыта	Количество пробирок с кусочками корней озимого рапса	Дали рост колоний бактерий при отсеве в чашки Петри	В том числе по видам бактерий			
				Xanthomonas campestris	*Pseudomonas fluorescens var. napi*	Коккообразные формы	Другие бактерии
1	Контроль — без нанесения фильтрата и коккообразных форм	9	1	—	—	—	1
2	Нанесение коккообразных форм штамма № 6а/1, полученных из фильтратов *Xanthomonas campestris*	10	10	10	—	—	—
3	Нанесение фильтратов *Xanthomonas campestris*	10	4	—	—	4	—
4	Нанесение коккообразных форм штамма № 4а/1, полученных из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi* .	9	9	—	3*	5	1
5	Нанесение фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. nari*	10	4	—	1	2	1

Таблица 3

Реакция агглютинации штаммов бактерий, выделенных при первом отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы и фильтрат *Xanthomonas campestris*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Разведения сыворотки											Контроль
		1 : 50	1 : 100	1 : 200	1 : 400	1 : 800	1 : 1600	1 : 3200	1 : 6400	1 : 12800	1 : 25600	1 : 51200	
Исходная культура *Xanthomonas campestris*	6	4+	4+	4+	4+	4+	3+	3+	2+	1+	—	—	—
Нанесение коккообразных форм штамма 6а/1, полученных из фильтрата *Xanthomonas campestris*	111	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	1+	—	—
	112	4+	4+	4+	4+	3+	2+	2+	1+	—	—	—	—
	113	4+	4+	4+	4+	3+	2+	2+	1+	—	—	—	—
	114	4+	4+	4+	4+	4+	3+	3+	2+	1+	1+	—	—
	115	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—
	116	4+	4+	4+	4+	4+	3+	3+	2+	1+	—	—	—
	117	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	1+	—	—	—
	118	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	119	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	2+	1+	—	—	—
	120	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	1+	—	—	—
Нанесение фильтрата *Xanthomonas campestris*	121	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	122	3+	3+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	123	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	124	3+	2+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Из трех штаммов, давших агглютинацию, идентичную с исходной культурой по цветному ряду, идентичным к исходному оказался только один штамм.

Таблица 4

Морфологические признаки и биохимические свойства бактерий, выделенных при первом отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы и фильтрат *Xanthomonas campestris*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Цвет колоний	Окраска по Граму	Внешний вид бактерий	Подвижность	Глюкоза		Лактоза		Маннит		Сахароза		Мальтоза		Разжижение желатины	Молоко		Редукция нитратов	Индол	Сероводород	Аммиак	Мясопептонный бульон
						Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ		Свертывание	Пептонизация					
Исходная культура *Xanthomonas campestris*	6	желтый	—	палочковидные	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	мешковидное	+	+	—	—	—	—	слабая муть, осадок (осевшая пленка)
Нанесение коккообразных форм штамма № 6а/1, полученных из фильтрата *Xanthomonas campestris*	111	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	то же
	112	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	113	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	114	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	115	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	116	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	117	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	118	»	—	»	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	119	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
	120	»	—	»	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	»
Нанесение фильтрата *Xanthomonas campestris*	121	светло-желтый	±	коккообразные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	—	—	—	—	—	—	сильн. муть, осадок (осевшая пленка)
	122	то же	±	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	слабая муть, осадок (осевшая пленка)
	123	»	±	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	—	+	—	—	—	муть, осадок (осевшая пленка)
	124	»	±	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	—	—	—	—	—	—	слабая муть, осадок (осевшая пленка)

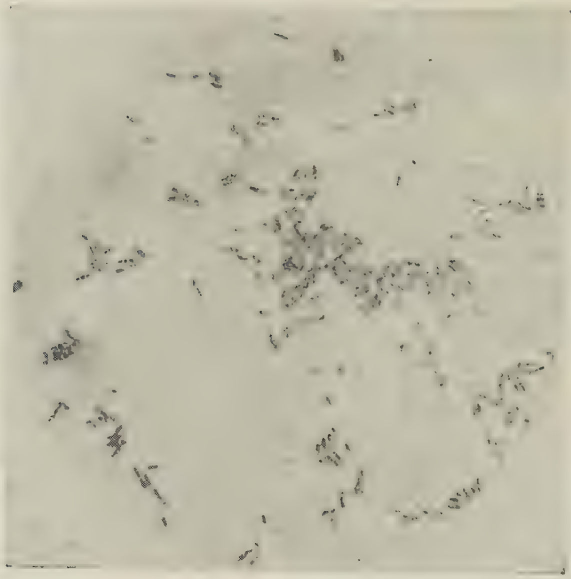


Рис. 1. Исходная форма бактерий *Xanthomonas campestris*.

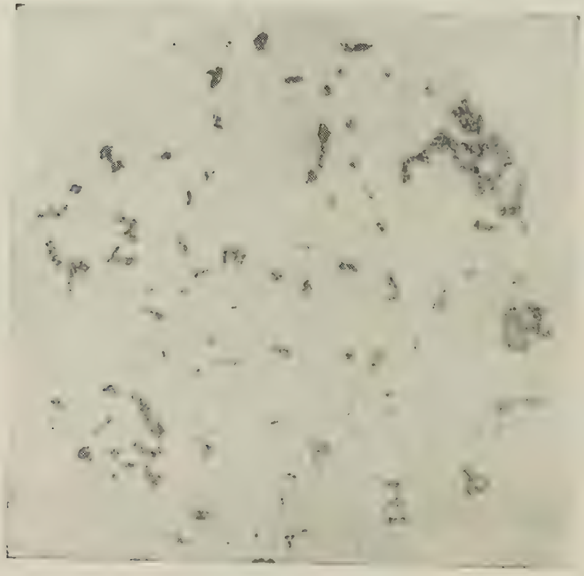


Рис. 2. Коккообразная форма *Xanthomonas campestris*, полученная из фильтрата на искусственной среде.

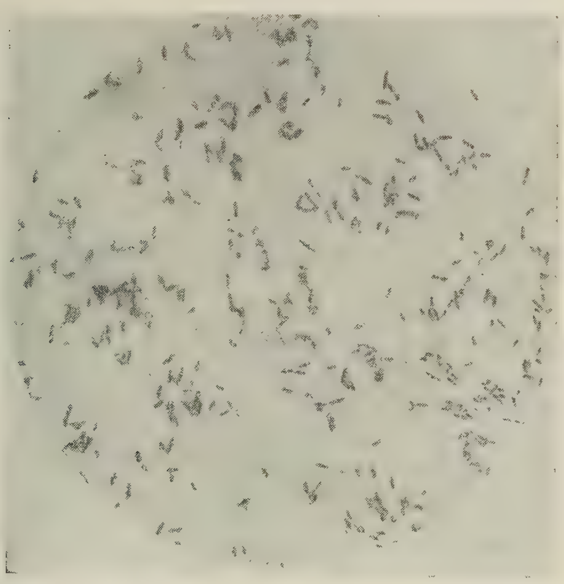


Рис. 3. Исходная форма *Xanthomonas campestris*, полученная после посева коккообразных форм на кусочки здорового корня озимого рапса.

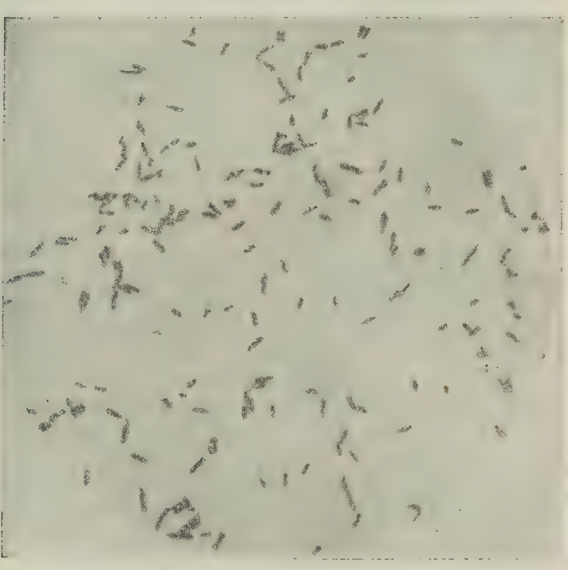


Рис. 4. Исходная форма бактерий *Pseudomonas fluorescens var. napi*.

Таблица 5

Реакция агглютинации штаммов бактерий, выделенных при первом отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы у фильтрат *Pseudomonas fluorescens var. napi*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Разведения сыворотки											Контроль
		1 : 50	1 : 100	1 : 200	1 : 400	1 : 800	1 : 1600	1 : 3200	1 : 6400	1 : 12800	1 : 25600	1 : 51200	
Исходная культура *Pseudomonas fluorescens var. napi*	4	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—
Нанесение коккообразных форм штамма 4а/1, полученных из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	131	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	132	2+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	133	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	2+	1+	—	—	—
	134	3+	3+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—
	135	4+	4+	4+	4+	3+	1+	—	—	—	—	—	—
	136	4+	4+	4+	3+	2+	2+	2+	1+	—	—	—	—
	137	3+	3+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	139	4+	4+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—
Нанесение фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	142	4+	4+	4+	3+	3+	1+	—	—	—	—	—	—
	148	2+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	149	4+	4+	4+	4+	4+	3+	3+	2+	2+	1+	—	—

Посев на кусочки здоровых корней озимого рапса фильтрата *Xanthomonas campestris* дал рост бактерий в четырех случаях. Эти бактерии имели коккообразную форму, при окраске по Граму обнаруживались грамотрицательные и грамположительные, движение имели броуновское. Специфической сывороткой они агглютинировались только в пределах 1 :100 и 1: 200. По цветному ряду три выделенных штамма проявляли индифферентность на сахарах, лакмоиде, молоке и желатине. Один штамм образовал кислоту на глюкозе, манните, сахарозе и мальтозе, производил мешковидное разжижение желатины, свертывал и пептонизировал молоко.

Отсев из кусочков корней, засеянных коккообразными формами штамма 4а/1, показал, что в трех случаях получена палочковидная форма типа *Pseudomonas fluorescens var. napi* (см. рисунки 4, 5 и 6), а в пяти случаях — коккообразная форма. Причем, только в одном случае, т. е. один штамм из трех был идентичен с исходной культурой по всем показателям. Два штамма, давшие такую же агглютинацию (см. табл. 5) со специфической сывороткой, как и исходная культура *Pseudomonas fluorescens var. napi*, при постановке на цветной ряд (см. табл. 6) образовали кислоту на сахарозе, а на глюкозе и манните не образовали.

Пять штаммов коккообразных форм были грамотрицательными, проявляли броуновское движение, на цветном ряду вели индифферентно, агглютинировались со специфической сывороткой в разведениях 1 : 100—1 : 800.

В варианте опыта, где на кусочки здоровых корней озимого рапса наносился фильтрат *Pseudomonas fluorescens var. napi*, через 23 дня в двух случаях получен рост бактерий коккообразной формы и в одном — палочковидная форма типа исходной *Pseudomonas fluorescens var. napi*.

Коккообразные бактерии (2 штамма) были грамотрицательны, движение проявляли броуновское, агглютинировались специфической сывороткой для *Pseudomonas fluorescens var. napi* в разведениях 1 : 200

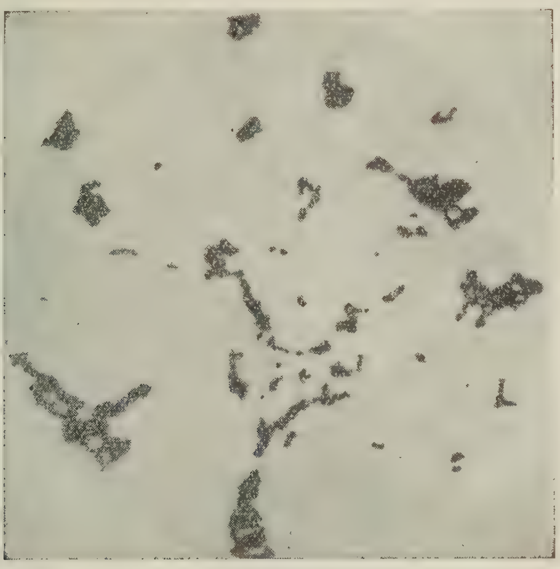


Рис. 5. Коккообразная форма *Pseudomonas fluorescens, var. napi*, полученная из фильтрата на искусственной среде.

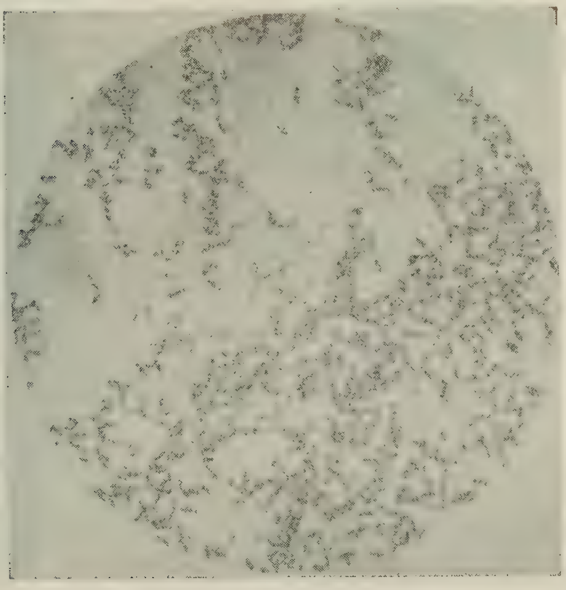


Рис. 6. Палочковидная форма *Pseudomonas fluorescens var. napi*, полученная на 23-й день после посева коккообразных форм на кусочки здорового корня озимого рапса.

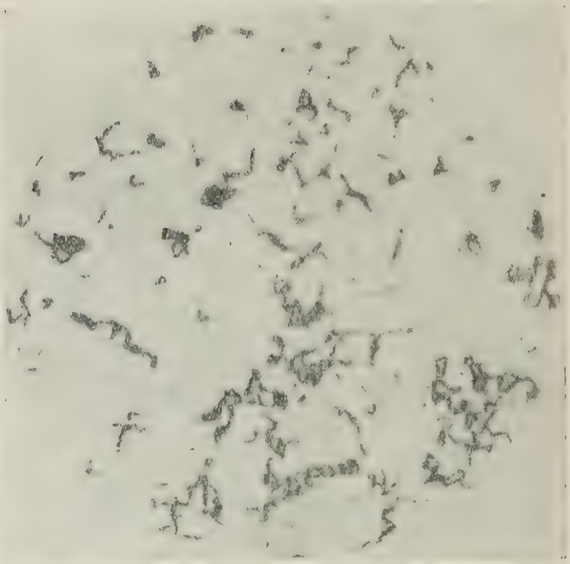


Рис. 7. Смесь коккообразных и палочковидных форм *Xanthomonas campestris*, полученная на 45-й день после посева фильтрата на кусочки здоровых корней озимого рапса. (Микрофотография, увеличение в 1500 раз).

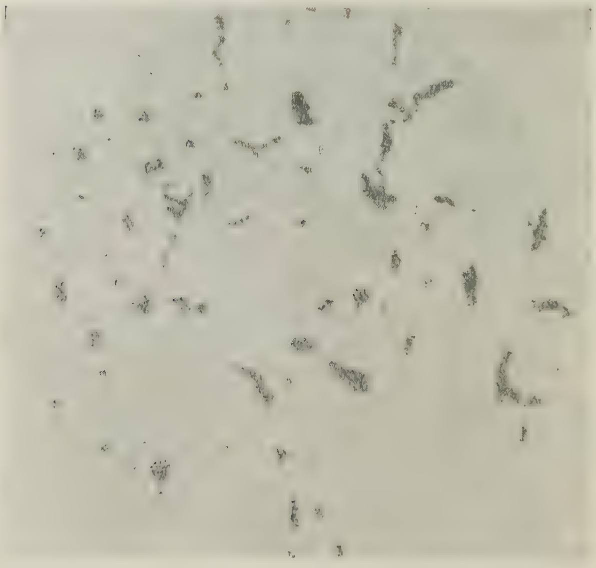


Рис. 8. Смесь коккообразных и палочковидных форм *Pseudomonas fluorescens var. napi*, полученная на 45-й день после посева фильтра на кусочки здоровых корней озимого рапса. (Микрофотография, увеличение в 1500 раз).

Таблица 6

Морфологические признаки и биохимические свойства бактерий, выделенных при первом отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы и фильтрат *Pseudomonas fluorescens var. napi*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Цвет колоний	Окраска по Граму	Внешний вид бактерий	Подвижность	Глюкоза		Лактоза		Маннит		Сахароза		Мальтоза		Разжижение желатины	Молоко		Редукция нитратов	Индол	Сероводород	Аммиак	Мясопептонный бульон
						Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ		Свертывание	Пептонизация					
Исходная культура *Pseudomonas fluorescens var. napi*	4	белый, флуоресцирующий	—	палочковидные	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	мешковидное	—	+	—	—	—	—	Муть, осадок
Нанесение коккообразных форм штамма 4а/1, полученных из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	131	то же	—	коккообразные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	без изменен.	—	—	—	—	—	—	кольцо, слабая муть, осадок
	132	»	—	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	то же
	133	»	—	палочковидные	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	» »	+	+	—	—	—	—	» »
	134	»	—	коккообразные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	кольцо, пленка, слабая муть, осадок
	135	»	—	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	то же
	136	»	—	палочковидные	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	мешковидные	+	+	—	—	—	—	слабая муть, осадок
	137	»	—	коккообразные	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	—	—	—	—	—	—	кольцо, муть, осадок
	139	»	—	палочковидные	+	—	—	—	—	—	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	пленка, муть, осадок
Нанесение фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	142	»	—	коккообразные	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	+	+	—	—	±	—	кольцо, муть, осадок
	148	»	—	»	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	без изменен.	—	—	—	—	—	—	то же
	149	»	—	палочковидные	+	+	—	+	—	+	—	+	—	+	—	мешковидное	+	+	—	—	+	—	кольцо, пленка, муть, осадок

и 1 : 1600, при постановке на цветной ряд давали кислоту на глюкозе, желатин разжижали мешковидно, молоко свертывали и пептонизировали.

Один штамм по морфологическим признакам и по агглютинации со специфической сывороткой был близким к исходной культуре *Pseudomonas fluorescens var. napi*. Однако при постановке на цветной ряд этот новый штамм образовывал кислоту на глюкозе, лактозе, манните, сахарозе и мальтозе, тогда как исходная культура *Pseudomonas fluorescens var. napi* дает кислоту только на глюкозе, манните и сахарозе.

Таблица 7

Результаты опыта по нанесению фильтратов и коккообразных форм бактерий *Xanthomonas campestris* и *Pseudomonas fluorescens var. napi* на кусочки здоровых корней озимого рапса, помещенных в стерильные пробирки с водой и бумажными тампонами

(отсев второй — 21.VI 1955 г.)

№ схемы опыта	Схема опыта	Количество пробирок с кусочками корней озимого рапса	Дали рост колоний бактерий при отсеве в чашки Петри	В том числе по видам бактерий			
				Xanthomonas campestris	*Pseudomonas fluorescens var. napi*	Коккообразные формы	Другие бактерии
1	Контроль — без нанесения фильтрата и коккообразных форм	8*	1	—	—	—	1
2	Нанесение коккообразных форм штамма № 6а/1, полученных из фильтрата *Xanthomonas campestris*	10	10	10	—	—	—
3	Нанесение фильтрата *Xanthomonas campestris*	10	8	—	—	7	1
4	Нанесение коккообразных форм штамма № 4а/1, полученных из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi* . .	9	9	—	9	—	—
5	Нанесение фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	10	6	—	—	4	2

По истечении 45 дней из пробирок с кусочками корней озимого рапса, на которые 6.V 1955 г. наносились коккообразные формы бактерий и фильтраты, произведен повторный отсев в чашки Петри на картофельную агаризированную среду.

Проверка выросших колоний бактерий по морфологическим, биохимическим и серологическим показателям дала еще более разительную картину, чем при первом отсеве, произведенном через 23 дня после постановки опыта. Сводные данные результатов опыта, полученных при втором отсеве, представлены в таблице 7. Морфологические и биохимические показатели выделенных бактерий представлены в таблицах 8 и 9, а результаты серологических исследований — в таблицах 10 и 11.

Из данных таблицы 7 видно, что как и при первом отсеве в варианте опыта, где на кусочки здоровых корней озимого рапса наносились коккообразные формы штамма № 6а/1, получена во всех случаях исходная форма бактерий.

Выделенные бактерии по этому варианту опыта по серологическим, морфологическим и биохимическим показателям были полностью идентичными с исходной культурой *Xanthomonas campestris* (см. табл. 8 и 10).

* В контроле одна пробирка была разбита и поэтому отсев производился не из 9 пробирок, а из 8.

Таблица 8

Морфологические признаки и биохимические свойства бактерий, выделенных при втором отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы и фильтрат *Xanthomonas campestris*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Цвет колоний	Окраска по Граму	Внешний вид бактерий	Подвижность	Глюкоза		Лактоза		Маннит		Сахароза		Мальтоза		Разжижение желатины	Молоко		Редукция нитратов	Индол	Сероводород	Аммиак	Мясопептонный бульон
						Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ		Свертывание	Пептонизация					
Исходная культура *Xanthomonas campestris*	6	желтый	—	палочковидные	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+		мешковидное	+	+	—	—	+	—	слабая муть, пленка осела, образовав осадок
Нанесение коккообразных форм штамма № 6а/1, полученных из фильтратов *Xanthomonas campestris*	111б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	то же
	112б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	113б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	114б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	115б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	116б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	117б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	118б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	119б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
	120б	»	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	+	+	—	—	+	—	» »
Нанесение фильтрата *Xanthomonas campestris*	121б	светло-желтый	—	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	»	—	—	+	—	+	—	кольцо, муть, слабый осадок
	122б	то же	—	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—		—	—	—	—	—	—	»	+	+	+		+	—	пленка, кольцо, муть, осадок
	123б	»	—	палочковидные и коккообразные	±	+	—	—	—	+	—	+	—	+	—	»	—	—	+	—	—	—	то же
	124б	»	—	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—		без изменен.	—	—	—	—	—	—	слабая пленка, муть, осадок
	128б	»	—	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	кольцо, муть, осадок
	129б	»	±	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	» » »
	130б	»	+	коккообразные	—	—			—	—	—	—	—	—	—	» »	—				—	—	пленка, кольцо, муть, осадок

Таблица 9

Морфологические признаки и биохимические свойства бактерий, выделенных при втором отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы и фильтрат *Pseudomonas fluorescens var. napi*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Цвет колоний	Окраска по Граму	Внешний вид бактерий	Подвижность	Глюкоза		Лактоза		Маннит		Сахароза		Мальтоза		Разжижение желатины	Молоко		Редукция нитратов	Индол	Сероводород	Аммиак	Мясопептонный бульон
						Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ	Кислота	Газ		Свертывание	Пептонизация					
Исходная культура *Pseudomonas fluorescens var. napi*	4	белый, флуоресцирующий	—	палочковидные	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	мешковидное	+	+	—	—	—	—	муть, осадок
Нанесение коккообразных форм штамма 4а/1, полученных из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	131б	то же	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	то же
	132б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
	133б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
	134б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
	135б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
	136б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
	137б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
	138б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
	139б	» »	—	»	+	+	—	—	—	+	—	+	—	—	—	»	+	+	—	—	—	—	» »
Нанесение фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	142б	» »	—	палочковидные и коккообразные	±	+	—	—	—	+	—	—	—	—	—	без изменен.	—	—	—	—	—	—	пленка, муть, осадок
	143б	» »	—	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	слабая муть, осадок
	148б	» »	—	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	муть, осадок
	149б	» »	—	палочковидные и коккообразные	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	» »	—	—	—	—	—	—	пленка, муть, осадок

Таблица 10

Реакция агглютинации штаммов бактерий, выделенных при втором отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы и фильтрат *Xanthomonas campestris*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Разведения сыворотки											Контроль
		1 : 50	1 : 100	1 : 200	1 : 400	1 : 800	1 : 1600	1 : 3200	1 : 6400	1 : 12800	1 : 25600	1 : 51200	
Исходная культура *Xanthomonas campestris*	6	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—
Нанесение коккообразных форм штамма 6а/1, полученных из фильтрата *Xanthomonas campestris*	111б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	112б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	113б	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—
	114б	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—
	115б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	116б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	117б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	118б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	119б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	120б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
Нанесение фильтрата *Xanthomonas campestris*	121б	4+	3+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—
	122б	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—
	123б	4+	3+	2+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—
	124б	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	128б	4+	3+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—
	129б	3+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—
	130б	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 11

Реакция агглютинации штаммов бактерий, выделенных при втором отсеве из кусочков корней озимого рапса, на которые наносились коккообразные формы и фильтрат *Pseudomonas fluorescens var. napi*

Схема опыта	Номера штаммов выделенных бактерий	Разведения сыворотки											Контроль
		1 : 50	1 : 100	1 : 200	1 : 400	1 : 800	1 : 1600	1 : 3200	1 : 6400	1 : 12800	1 : 25600	1 : 51200	
Исходная культура *Pseudomonas fluorescens var. napi*	4	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—
Нанесение коккообразных форм штамма 4а/1, полученных из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	131б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—
	132б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—
	133б	4+	4+	4+	4+	4+	3+	3+	2+	1+	—	—	—
	134б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	1+	—	—
	135б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—
	136б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	137б	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—
	138б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—
	139б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—
Нанесение фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*	142б	3+	3+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—
	143б	4+	4+	4+	4+	4+	4+	3+	2+	1+	—	—	—
	148б	4+	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—
	149б	3+	2+	1+	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Следует отметить, что к моменту второго отсева кусочки корней во всех пробирках второго варианта опыта были сильно мацерированы и легко распадались в продольном направлении на отдельные ломтики.

Отсев из пробирок с кусочками корней озимого рапса, на которые наносился фильтрат *Xanthomonas campestris* показал, что в 7 повторениях проявился рост колоний, отнесенных нами к коккообразной форме. Однако эти колонии имели бактерии не только коккообразной формы, но и в больших количествах палочковидной формы (см. рис. 7), что не наблюдалось при первом отсеве. Эти бактерии были грамотрицательными, давали агглютинацию со специфической сывороткой в разведениях 1 : 400—1 : 800, за исключением одного, не образовывали кислоты на сахарах, желатин не разжижали, а молоко не свертывали и не пептонизировали.

Таким образом, в сравнении с выделенными бактериями по этому варианту опыта при первом отсеве, полученные штаммы бактерий при втором отсеве значительно более приблизились к исходной культуре, хотя полностью и не приобрели всех ее свойств.

В варианте опыта, где на кусочки корней озимого рапса наносились коккообразные формы штамма № 4а/1, полученные на искусственной среде из фильтрата *Pseudomonas fluorescens var. napi*, при втором отсеве во всех повторениях получена исходная форма *Pseudomonas fluorescens var. napi*, чего не наблюдалось при первом отсеве. Полученные штаммы бактерий были полностью идентичны с исходной культурой по морфологическим, биохимическим и серологическим показателям.

Данные второго отсева по четвертому варианту опыта также подтверждают возможность перехода коккообразных форм в исходную культуру бактерий при условии создания для них среды, к которой в процессе эволюции приспособился возбудитель заболевания.

В варианте опыта, где на кусочки корней наносился фильтрат *Pseudomonas fluorescens var. napi*, при втором отсеве в четырех случаях выделены штаммы бактерий, представляющие собой смесь палочковидных и коккообразных форм (см. рис. 8). Эти штаммы грамотрицательны, индифферентны на сахарах, желатине и молоке. На специфической сыворотке *Pseudomonas fluorescens var. napi* бактерии трех штаммов (142б, 148б и 149б) агглютинируются в разведениях 1 : 200—1 : 800, а у одного штамма (143б) агглютинация отмечена в разведении 1 : 12 800, т. е. близка к агглютинации, которая отмечается у исходной культуры (1 : 25 600).

Сравнивая данные пятого варианта опыта второго отсева с данными этого же варианта первого отсева, мы приходим к заключению, что и здесь наблюдался значительный прогресс в преобразовании фильтрующихся форм в сторону приобретения свойств исходной формы *Pseudomonas fluorescens var. napi*. Однако процесс преобразования здесь не закончился вследствие полного отмирания кусочков корней, т. е. из-за отсутствия должного периода времени той среды, к которой приспособился возбудитель заболевания в процессе своего филогенетического развития.

Проведенные опыты по изучению изменчивости бактерий *Xanthomonas campestris* и *Pseudomonas fluorescens var. napi* с большой убедительностью показывают, что эти виды могут существовать в фильтрующейся форме и при благоприятных условиях для их развития, в растении могут давать визуальную форму, которая и вызывает поражение растений.

Благоприятными условиями среды для превращения авизуальной формы бактерий в визуальную мы считаем момент выделения растением камедеобразной массы типа пектиновых веществ в ксилемные сосуды, что наблюдается при образовании полостей внутри корней еще в осенний

период. Быстрое же развитие бактерий и поражение растений в области корневой шейки наступает в весенний период, когда растения сильно ослаблены под действием больших колебаний температуры.

ВЫВОДЫ

1. Познание изменчивости бактерий имеет большое общебиологическое и практическое значение, так как она дает возможность полнее понять закономерности развития органической природы вообще и выяснять причины возникновения бактериальных заболеваний в частности.

2. Исследованиями изменчивости возбудителей бактериоза корней озимого рапса *Xanthomonas campestris (Pammel) Dowson* и *Pseudomonas fluorescens Migula var. napi Peressypkin* установлено, что эти бактерии могут находиться в фильтрующейся форме и при благоприятных условиях среды, к которым они приспособились в процессе своего развития, способны давать видимые (визуальные) формы, обладающие всеми свойствами исходных культур.

3. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на изучение изменчивости других фитопатогенных бактерий и выяснение условий, при которых фильтрующиеся формы восстанавливаются в визуальные. Следует также изучить сроки возможного существования бактерий в фильтрующейся форме как в растительном организме, так и вне его.

ЛИТЕРАТУРА

1. Визирь П. Е., Шур-Шультц В. Н. и Пасечник А. М., Изменчивость микроорганизмов при ассимиляции микробных продуктов, Сообщение I, Общая биохимическая и серологическая характеристика вариантов, Микробиологический журнал АН УССР, т. XV, в. 3, 1953, стр. 3—16.

2. Визирь П. Е., Пасечник А. М. и Шур-Шультц В. Н., Изменчивость микроорганизмов под влиянием ассимиляции микробных продуктов. Сообщение II. Биологическая характеристика паратифоподобных вариантов, Микробиологический журнал АН УССР, т. XV, вып. 1953, стр. 3—13.

3. Визирь П. Е., Пасечник А. М. и Шур-Шультц В. Н., Фильтрующиеся формы Bact. *Breslan.*, Сообщение I, Методы получения и регенерации фильтрующихся форм, Микробиологический журнал АН УССР, т. XVII, в. 2, 1953, стр. 7—10.

4. Гамалея Н. Ф., Гетероморфизм бактерий под влиянием солей лития. Еженедельная газета «Врач», № 19 и № 20, 1894, стр. 541—543 и 578—579.

5. Гамалея Н. Ф., Материалы для сравнительной токсикологии кофеина. Еженедельная газета «Врач». № 4 и № 5, 1896, стр. 91—92 и 121—123.

6. Елисеев В. Г., О современной трактовке клеточной теории, «Успехи современной биологии», т. XXXIX, вып. 3, 1955, стр. 328—350.

7. Жинкин Л. Н. и Михайлов В. П., Новая клеточная теория и ее фактическое обоснование. Успехи современной биологии, т. XXXIX, вып. 2, 1955, стр. 228—244.

8. Жолкевич А. Я., Проблема образования реактивных форм у бактерий в свете учения О. Б. Лепешинской. Успехи современной биологии, т. XXXIII, вып. 1, 1952, стр. 101—116.

9. Ивановский Д. И., О двух болезнях табака, Сельское хозяйство и лесоводство, 1892 (2-е изд., М., 1949).

10. Ивановский Д. И., Мозаичная болезнь табака, Диссертация, Варшава, 1902 (2-е изд., М., 1949).

11. Израильский В. П. (ред.), Бактериальные болезни растений, Сельхозгиз, М., 1952.

12. Израильский В. П., Фильтрующиеся формы клубеньковых бактерий, I, «Микробиология», т. XXII, вып. 6, 1953, стр. 645—651.

13. Калина Г. П., Изменчивость патогенных микроорганизмов, Киев, 1949.

14. Калина Г. П., Развитие микробных клеток из доклеточного вещества, Киев, Медгиз, 1954.

15. Калина Г. П., Фильтрующиеся формы бактерий, Труды Института микробиологии АН СССР, т. I, 1951, стр. 44—62.

16. Кудлай Д. Г., Изменчивость микробов кишечной группы, Медгиз, М., 1954.

17. Лепешинская О. Б., Происхождение клеток из живого вещества и роль живого вещества в организме, Изд. АМН СССР, М., 1950.

18. Муромцев С. Н., Проблема видообразования у микроорганизмов, Труды конференции по направленной изменчивости и селекции микроорганизмов, М., 1952, стр. 38—57.

19. Муромцев С. Н., Фильтрующиеся формы бактерий, Доклады ВАСХНИЛ, № 5, Сельхозгиз, 1951, стр. 3—9.

20. Пересыпкин В. Ф., Возбудители бактериоза корней озимого рапса, Труды Украинской сельскохозяйственной академии, вып. VIII, 1955.

21. Пересыпкин В. Ф., Про умови виникнення бактеріальної гнилі озимого ріпака і заходи по підвищенню стійкості рослин до захворювання, Наукові праці Київського с.-г. інституту, вип. VII, Київ, 1954, стор. 79—98.

22. Роскин Г. И., Желточные шары. К вопросу о их свойствах, строении и методах их исследования, Известия АН СССР, серия биологическая, № 4, 1955, стр.112 — 119.

23. Студитский А. Н., В защиту нового направления в разработке клеточной теории, «Успехи современной биологии», т. 40, вып. 1 (4), 1955, стр. 94—107.

24. Сукнев В. В., Значение авизуальных форм микробов в эпидемиологии инфекционных заболеваний и методы обнаружения этих форм в выделениях больных и других объектах, Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунитета, т. XIV, вып. 5, 1935, стр. 760—765.

25. Сукнев В. В. и Вольферц Г. А., Выявление фильтрующихся форм бактерий с помощью «кормилок» из бактериальных фильтратов и сущность феномена бактериофагии, Вестник микробиологии, эпидемиологии и паразитологии, т. XI, вип. 4, 1932, стр. 239—254.

26. Утенков М. Д., Авизуальные стадии микроорганизмов и культура из одной клетки, Вестник микробиологии, эпидемиологии и иммунитета, т. VII, 1928, стр. 190—193.

27. Энгельс Фридрих, Диалектика природы, Госполитиздат, М., 1952.

28. Almon Lois and Baldwin I. L., The stability of cultures of Rhizobium, Journal of Bacteriology, vol. XXVI, № 3, 1933, pp. 229—250.

29. Almguist E., Studien über filtrierbare Formen in Typhuskulturen, Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrank heiten, Band 60, Jena, 1911, ss. 167—174.

30. Fontes A., Estudos sobre a tuberculoze, Memorial do Instituto Oswaldo Gruz, T. II, Rio de Janeiro — Manguinhos, 1910, pp. 186—204.

31. Novy F. and Knapp R., Studies on Spirillum obermeieri and related organisms, Journal of Infektions Diseases, v. 3, 1906, pp. 291—393.

32. Schmidt F., Immunisierung gegen Schweinepestbazillen mit Autolysaten, Schüttelextrakten und Zerreibungsprodukten dieser Bazillen, Berlin, 1906.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. Д. ПОЛИЩУК,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ХАРАКТЕР РОСТА И ПЛОДОНОШЕНИЯ ВИНОГРАДНОЙ ЛОЗЫ В СВЯЗИ С ДИНАМИКОЙ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И АКТИВНОСТЬЮ КАТАЛАЗЫ

Правильное управление ростом и плодоношением требует вскрытия причинности явлений в условиях, где и как протекает культура данного растения. В этих целях, начиная с 1950 г., мы изучали

Рис. 1. Характер расположения почек по длине плодоносной плети, образующих кисти плодов.

динамику качественных изменений у виноградных лоз за период вегетации и характер образования урожая при этом. Анализ данных показывает, что не все почки на плодоносных рожках дают плодоносные плети и что только против определенных почек на плодоносной плети возникают кисти винограда (рис. 1). Верхний участок плети чаще всего бесплоден, потому что, как правило, вторая половина длины плетей входит в зиму недозрелой, даже если побегам делать легкую чеканку. На таком недозрелом участке не могут к концу вегетации в почках сформироваться условия, которые бы обеспечили образование кистей на плетях, возникающих следующей весной

из этих почек. Наивысшими возможностями, определяющими возникновение кистей, обладают наиболее протяженные центральные участки побегов-лоз, выросших за предыдущий год, на которых возникают и формируются плодоносные плети текущего года роста. На этих же участках — наиболее крупные листья и наиболее активный обмен веществ. Нижние участки этих плодоносных плетей и расположенные на них 1, 2, 3 и 4 почки, как правило, против себя кистей не образуют.

Относительно содержания разнокачественности участков плодоносных плетей текущего года роста приводим данные в таблице 1.

Как видно из приведенных цифр, центральная часть побегов содержит воды меньше, чем крайние участки, а всех других веществ больше.

Так как в ходе работы выявилась связь определенных участков на побегах с их биохимическим содержанием и образованием кистей, то явилось необходимым проследить это явление со стороны ферментативных процессов. Наиболее активным ферментом оказалась каталаза. Приводимые в таблице 1 данные говорят о том, что при помощи определения активности каталазы можно контролировать состояние участков лозы по ее длине в момент вегетации.

Трактуемые данные свидетельствуют о том, что учет биохимических изменений и активности каталазы у новообразований позволяет видеть возможности регулирования повышения урожайности кустов. Во-первых, это мыслимо со стороны отбора и размножения наиболее ценных вегетативных частей. Во-вторых, это позволяет видеть, что именно на наиболее длинных средних участках лозы выражен активный обмен веществ, что каждая из почек, не ниже 4 и не выше 16, против себя образует кисти плодов. В этом аспекте, по-видимому, следует стремиться не столько к длинной обрезке прошлогодних лоз, оставленных на плодоношение, сколько к нахождению приемов максимального улучшения вызреваемости лозы на наибольшую ее длину, так как хорошо вызревшая лоза на наибольшую длину может по всей длине зрелой части заложить именно такие почки, которые имеют все для того, чтобы следующей весной из них развились плети, несущие урожай. Это особенно определенно, если кусты хорошо обеспечены минеральным питанием и водой.

В целях получения максимальной нагрузки на куст, можно обрезать лозу наиболее длинно, тогда лозы будут нести 20 и больше почек каждая, но так как верхняя часть их будет малозрелой, то почки, расположенные на этой части, не дадут плодоносных плетей. Стремление при обрезке лозы на плодоношение оставлять 25—30 и больше почек пока ни на чем не основано, хотя и понятно желание максимально нагрузить урожаем каждую плеть по всей ее длине и этим в целом повысить урожайность плантации. Абсолютно полного вызревания лозы за период вегетации трудно добиться даже в южных виноградных районах. Мы вели специальные исследования в степных районах Донбасса над ходом вызревания лозы. Исследуемые кусты сформированы в виде четырехрукавной чаши. Плодоносные плети на весь сезон вегетации обычно подвязкой расправлялись на 3—4 кола. Как правило, концы лозы в начале сентября удалялись чеканкой. Длина удаляемых обрезков не превышала 15—18 *см*. Мы не видели, чтобы это сильно улучшало вызреваемость верхних частей лозы.

Исследуемые кусты были разделены на две группы: кусты, росшие при обычной для винограда агротехнике, и кусты, где из расчета на 1 *га* вносилось через год 20 *т* перегноя и в течение каждого лета производились 3 подкормки. В каждую подкормку под куст выливалось по 4 ведра раствора. Удобрительный раствор состоял из 17 *г* аммиачной селитры, 40 *г*

Таблица 1

Биохимическое содержание плодоносивших лоз на период вегетации

Наименование сортов	Число учетных растений	Число почек, оставленных на каждом плодоносном рожке после обрезки		Какая почка по порядку снизу образовала на рожке плодоносную плеть		Против какой почки на плодоносной плети образовалась кисть плодов		С какой части плодоносной плети взяты листья на анализ	Содержание воды (в %)		Золы (в %)		Сахара после инверсии (в %)		Общего азота (в %)		Количество газа, выделенного за 30 мин. (в *куб. см*)		Количество газа, выделенного за 1 час 30 мин. (в *куб. см*)		Размер вызревшей части плодоносных побегов (в *см*)	
		Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных		Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных	Без удобрений	Удобренных
Плавай	12	22	22	5—7—8	4—6—8—10 11—13	7—8—9	5—6—8 9—11—14	Нижн.	72,3	72,1	2,2	3,0	2,0	2,2	0,5	0,6	0,1	0,2	0,2	0,3	73	82
								Средн.	68,2	66,8	3,0	3,5	2,7	3,2	0,6	0,8	1,0	1,6	1,2	1,8	73	82
								Верхн.	72,6	68,6	2,6	2,6	2,1	2,3	0,7	0,6	0,1	0,4	0,3	0,5	73	82
Шасла-Доре	12	22	22	4—6—9	4—8—9 12—15	6—8—10	4—5—7 9—10—16	Нижн.	74,3	73,1	3,0	3,2	2,4	2,6	0,6	0,7	0,1	0,3	0,4	1,6	80	96
								Средн.	66,8	65,9	3,8	3,9	3,2	3,6	0,8	0,9	1,2	1,6	1,2	1,9	80	96
								Верхн.	72,0	72,0	2,3	2,5	2,2	2,4	0,4	0,7	0,2	0,3	0,2	0,7	80	96

Примечание. Общий размер лозы по окончании роста у сорта Плавай был — 104 *см*, у Шасла-Доре — 113 *см*. 2. Возраст кустов в момент учета — 16 лет.

суперфосфата и 14 *г* хлористого калия на литр воды. Это составляло 20% действующего вещества, таким образом раствор не превышал крепости 2%. Подкормки вносились: I — сразу после обрезки, II — через 30 дней и III — после цветения.

Активный рост лозы в условиях Донбасса идет с 5.V по 20.VIII. Выраженная энергия роста падает на сроки с 10.V по 5.VI и с 10.VI по 5.VII.

Нам представляется, что в период с 10.V по 10.VIII следует применить все приемы, направленные на прирост в длину, а с 20.VIII все ориентировать на максимальное вызревание лозы в длину.

В ходе исследований выявилась определенная связь возникновения кистей против определенных почек и степень вызревания лозы по ее длине, поэтому основным моментом для увеличения нагрузки урожая на куст будет вызревание лозы на возможно максимальную ее длину. Первые попытки в этом направлении показали, что придание лозам свободного приземного положения (освобождение лоз от кольев и шпалер) сразу же после снятия урожая улучшило вызреваемость до 82—85% общей длины плетей против 48—56% плетей, оставленных на кольях и шпалере. Этому способствовало горизонтальное положение лоз, освобожденных от привязки. Кроме того, сказалось влияние тепла от хорошо прогреваемой в солнечные дни почвы, на поверхности которой дозревала лоза. Обработке междурядий и закрыванию кустов это не мешает, т. к. лоза растягивается вдоль рядов.

ВЫВОДЫ

1. При размножении особей клона вегетативными частями следует считаться с тем, что наиболее продуктивной частью со всех точек зрения является средняя часть побега. Это особенно существенно при размножении виноградной лозы и в целях вегетативной селекции.

2. Биохимическое состояние той или иной части побега за период вегетации, характер содержания питательных веществ, их количество и активность каталазы являются большими показателями ценности того или иного участка лозы.

3. При обрезке лозы на плодоношение важно не просто обрезать ее на наибольшую длину, но важно, чтобы к концу вегетации лозы вызрели на наибольшую свою длину, тогда оставление на зрелой части больше 18—20 глазков может дать повышение нагрузки на куст, а, следовательно, и повышение урожая всей плантации. Приемы улучшения вызреваемости лозы в длину должны быть найдены в каждом конкретном хозяйстве.

4. Распределение лозы во время вегетации в сторону лучшего освещения с востока и юга дает лучшие результаты. При подвязке лозы это следует использовать, а когда урожай снят, то освобождение лозы от кольев и шпалер и растяжка их над землей по длине рядов тоже способствует лучшему вызреванию лозы на наибольшую ее длину для данных условий.

5. Лучшая вызреваемость лоз и более высокая урожайность кустов наблюдаются при условии применения органических удобрений и минеральных подкормок.

6. Хорошим показателем степени зрелости лозы по окончании роста (конец опадения листьев) является нанесение капельки иода на последовательные срезы, начинающиеся от конечной почки. Высокая зрелость лозы— это когда нанесенная капелька иода на свежий срез окрашивает всю поверхность среза в фиолетовый цвет. Контрольный раствор готовится так: 1 *г* иода растворяется в 100 *г* спирта 75-процентной крепости.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. А. ЗЕЛЕНСКИЙ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

НОВЫЕ СОРТА АБРИКОСА

Селекцией абрикоса в Украинской ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии мы начали заниматься в 1949 г., когда ЦК КП Украины и Совет Министров УССР приняли постановление о создании плодоягодных насаждений на большой площади вокруг крупных городов и промышленных центров. Как растение неприхотливое, скороспелое, высокоурожайное, дающее витаминозные плоды отличных вкусовых качеств, абрикос заслуживает большого внимания.

Среди набора сортов абрикоса, хорошо отличившихся при возделывании в южных районах страны, совершенно не оказалось надежных по устойчивости и безупречных по качеству сортов, пригодных для возделывания в районах Киевской области и севернее. Это обстоятельство и определило направление в селекции сортов.

Другой задачей нашей работы является установление экономически и организационно-технически более выгодной культуры абрикоса, в частности путем посева семян и посадки корнесобственных саженцев, как более долговечных и урожайных по сравнению с привитыми саженцами.

Исходный материал был подготовлен в период с 1945 по 1949 гг. Для этого в сортоиспытательных садах колхозов им. Ленина, Вознесенского района, Николаевской области, и им. Шевченко, села Первозвановка, Кировоградского района, той же области, проводилось сортоиспытание. На основании всесторонней оценки абрикоса в этих хозяйствах было отобрано 19 сортов, являющихся лучшими по устойчивости к неблагоприятным условиям, величине урожая и качеству продукции.

Отобранные в качестве исходных форм сорта абрикоса представлены большим количеством деревьев — от 15 до 22 штук. Нужно отметить, что нами проводился отбор не только лучших сортов, но в пределах каждого сорта отобраны наиболее здоровые, устойчивые и самые урожайные деревья. Так, например, у сорта Память друга средняя урожайность с одного дерева равна 60 *кг*, а отобранное нами для заготовки семян дерево принесло 110 *кг*. По всем другим сортам отобранные маточные деревья также в полтора —два раза превосходили показатели среднего дерева по урожайности.

Всего маточно-семенных деревьев отобрано 26.

Перекрестное межсортовое опыление абрикоса протекало в теплые солнечные дни в середине апреля 1949 г. Для содействия перекрестному избирательному оплодотворению в сады были вывезены пчелы.

Гибридные плоды абрикоса оставались на маточных деревьях до полного биологического созревания — до конца июля, после чего были сняты.

Для селекционной работы отобраны наиболее выполненные семена, которые в сентябре 1949 г. завезены в Киев, а в октябре положены во влажный песок и оставлены в холодном помещении для стратификации. Стратификация продолжалась 110 дней.

В половине апреля 1950 г. семена извлечены из стратификационных ящиков. В это время в районе г. Киева установилась теплая весенняя погода, и мы закончили приготовление почвы для посева абрикоса. Стратификация семян закончилась, о чем свидетельствовало растрескивание створок и появление корешков длиной 5—7 *мм*.

Рис. 1. При формировании штамба деревьев абрикоса путем обрезки боковых побегов на кольцо раны на стволе плохо закрываются.

Посев проводился вручную. По одному семени укладывалось в лунки при расстояниях между рядами 45 *см*, а в ряду 30 *см*. Глубина заделки 8—9 *см*. При посеве семена укладывались острым концом вниз, что помогло избегнуть искривления корневой шейки сеянцев.

Всхожесть семян оказалась почти 100%.

Полные всходы появились через 20—25 дней после посева. Когда сеянцы достигли в высоту 12—15 *см*, была проведена подрезка ножом стержневых корней на глубине 20—22 *см*. Это помогло образованию боковых корней и хорошему их ветвлению.

Ввиду того, что сеянцы абрикоса, как всегда, росли весьма буйно, мы удобрений не применяли. Уже в июле в первом году роста многие сеянцы образовали боковые ветки. С этого времени и начата пинцировка верхушек боковых веток для формирования кроны. В зависимости от силы роста сеянцев и размещения боковых веток были созданы растения с различным типом штамба и кроны.

У одной части растений создан штамб высотою 65—70 *см*. Если вдоль штамба боковые ветки удалялись вырезкой, то зарастание ран протекало медленно, а в некоторых случаях раны вовсе не зарастают, и в этом месте растрескивается и загнивает древесина (рис. 1).

Поэтому высокоштамбовые деревья (рис. 2) абрикоса нужно создавать не вырезкой побегов утолщения, а путем регулярной пинцировки веток, появляющихся на стволе. Однако нужно подчеркнуть, что в условиях Киевской области более выносливыми против морозов и солнечных ожогов являются деревья с низким (20—30 *см*) штамбом (рис. 3 и 4). Чтобы вызвать рост боковых веток, необходимо остановить рост проводника путем удаления его верхушки. Хорошие результаты по устойчивости, силе роста и урожайности дали также деревья абрикоса кустовой формы (рис. 5).

Рис. 2. Штамб высотой 70 *см* создан путем систематической пинцировки боковых веток.

Рис. 3. Низкоштамбовое дерево абрикоса, созданное пинцировкой веток, появляющихся на стволе.

Рис. 4. Штамб высотою 15—20 *см* с 3 основными стволами, образующими крону.

Рис. 5. Деревья абрикоса в виде куста.

Основная работа по формированию кроны заканчивается к осени первого—второго года роста сеянцев.

Однолетки абрикоса зимовали на грядах. Довольно суровая зима с резкими колебаниями температуры способствовала формированию у сеянцев надежной стойкости против морозов и помогла выявить нестойкие экземпляры. Весной мы провели строгий отбор и все растения, даже с небольшими следами повреждения морозом, были удалены. Остальные гибриды выкопаны, оценены по состоянию корневой системы и штамба и высажены в питомник при расстояниях 1 *м* между рядами и 90 *см* в ряду.

Рис. 6. Общий вид сада гибридов абрикоса Украинской с.-х. академии.

В питомнике гибридный материал оставался один вегетационный период. После зимы вновь проводился отбор и браковка нестойких экземпляров, а оставшиеся выкопаны и тут же посажены на постоянное место в гибридный сад.

Учитывая биологические особенности абрикоса и местные почвенно-климатические условия, сад абрикоса размещен на участке, имеющем небольшой юго-западный склон. Почва здесь дерново-подзолистая, образовалась на лесе, имеет суглинистый механический состав с количеством гумуса около 2,5%.

Под саженцы абрикоса выкопали ямы размером 90 *см* в диаметре и 80 *см* глубиной. Заполнялись ямы только верхним наиболее плодородным слоем почвы. Посадка проведена рано весной с соблюдением всех правил. Расстояние между деревьями 3 × 3 *м*.

Уход за садом проводился тщательный. С этой целью почва регулярно рыхлилась, а приствольные круги перекапывались. Вредителей уничтожали путем сбора гнезд и опрыскивания деревьев. Молодые деревья

получали удобрения через один—два года из расчета по 45 *кг* азота и по 60 *кг* фосфора и калия на гектар.

На пятый год после посадки сад принес небольшой урожай, а на следующий, шестой год роста, плодоношение было обильным, и среди гибридов проведен отбор лучших для последующего изучения и размножения.

Изучение большого гибридного материала показало, что при семенном способе размножения абрикос дает высокую приживаемость саженцев.

Таблица 1

Приживаемость саженцев абрикоса при семенном размножении

Название комбинации	Количество посаженных деревьев	Количество сохранившихся деревьев	% сохранившихся деревьев
Память друга × Подарок Одессы + Королевский	13	13	100
Оч. крупный Маковского × Домазан + Амброзия	38	36	95
Сацер × смесь пыльцы разных сортов	24	24	100
Поздний Маковского × смесь пыльцы	49	45	92
Ананасный × смесь пыльцы	40	39	97
Эсперена Ранний × Никитский + Сахарный Голуба	20	15	75
Большой Яна × Краснощекий + Бланш	20	19	95
Исфарак × смесь пыльцы	25	23	92

Далее исследования показали, что от всех пар скрещивания получены растения, обладающие удовлетворительной силой роста в высоту и образующие довольно большую крону.

Таблица 2

Размеры деревьев абрикоса в 5-летнем возрасте

Пары скрещивания	Средняя высота (в *м*)	Средний диаметр кроны (в *м*)
Память друга × Подарок Одессы + Королевский	3,0	3,0
Оч. крупный Маковского × Домазан + Амброзия	3,1	2,7
Сацер × смесь пыльцы разных сортов	3,4	3,3
Поздний Маковского × смесь пыльцы	3,1	3,8
Ананасный × смесь пыльцы	3,0	2,7
Эсперена ранний × Никитский + Сахарный Голуба	2,0	1,7
Большой Яна × Краснощекий + Бланш	2,5	2,4
Исфарак × смесь пыльцы	2,6	2,3

В пределах каждой смеси выделены экземпляры, превосходящие средние для данной семьи показатели. Оценка общего состояния гибридов показала, что у всех пар скрещивания большая часть растений попадает в категорию хорошего и отличного состояния.

На протяжении шести лет нами изучались гибриды всех комбинаций скрещивания. На основании полученных данных выделены наиболее ценные гибриды, которые следует размножать в районах Киевской и прилегающих областей.

Ниже приведены описания некоторых из них.

Память друга × Подарок Одессы + Королевский. Гибриды получены от опыления местного сорта Память друга смесью пыльцы местного и инорайонного сортов. В сад посажено 13 деревьев и все они прижились. В шестилетнем возрасте деревья достигли в высоту 3,7 *м* и образовали

крону 4,7 *м* в диаметре. Обхват штамба от 30 до 36 *см*. Деревья остались без повреждений после морозов в 31°, поэтому мы относим их к категории устойчивых. Все гибриды в засушливые годы не проявляли признаков угнетения.

Цветение наступило на четвертом году после посева семян, а на шестом году роста отдельные гибриды дали до 16 *кг* плодов. Средний вес плодов разных деревьев колеблется от 20 до 34 *г*. Созревание их началось 28.VII и закончилось 10.VIII.

Цветки абрикоса сорта Память друга, опыленные пыльцой указанных сортов, дают в общем выравненное по важнейшим признакам потомство и поэтому могут быть использованы для получения посадочного материала абрикоса в более северных районах его возделывания.

Среди гибридов этой семьи нами отобраны лучшие экземпляры, которые вполне целесообразно размножать вегетативным способом и посевом семян в районах Лесостепи и Полесья Украины.

№ 1. Дерево крупное. Устойчивость против неблагоприятных условий выращивания отличная (рис. 7). Шестилетнее дерево дало 6 *кг* плодов. Средний вес плода 28 *г*. Кожица плода светло-желтая с большим румянцем. Плоды расположены букетами. Вкусовые качества очень высокие. Созревание 3.VIII.

Рис. 7. Гибрид № 1. Память друга × Подарок Одессы + Королевский, 1955 г.

В 1955 г. проведена окулировка глазков этого гибрида в Сквирском, Новофастовском и Летичевском госплодопитомниках. Кроме этого, заготовлено около 300 косточек, которые посеяны в сортоиспытательных садах и колхозах Киевской области.

№ 2. Дерево крупное, имеет отличное состояние. Полностью устойчиво к морозам (рис. 8). На второй год плодоношения дало 12 *кг* плодов. Средний вес плода 28,5 *г*. Плоды имеют привлекательный румянец. Вкусовые качества очень хорошие. Созревание 30.VIII.

Начато размножение. Кроме окулировки в упомянутых питомниках, заготовлено около 350 косточек, которые высеяны в сортосадах и некоторых колхозах.

№ 3. Дерево средней высоты, образует широкораскидистую, просвечиваемую крону (рис. 9). Полностью устойчиво к морозам и засухе. На второй год плодоношения дало 10,8 *кг* плодов. Средний вес плода 20 *г*. Кожица плодов зеленовато-желтая со слабым румянцем. Мякоть плотная, сочная, хорошего вкуса. Созревание 10.VIII.

Размножение начато как путем окулировки, так и посевом семян, которых заготовлено около 400 штук.

№ 4. Высота дерева около 3,5 *м*, а крона до 6 *м* в диаметре. Устойчивость к неблагоприятным условиям отличная. На шестой год роста снято 16,5 *кг* плодов. Средний вес плода 24,4 *г*, кожица плодов красивой ярко-золотистой окраски с румянцем на солнечной стороне. Плоды сочные, очень сладкие, хорошего вкуса. Созревают с 30.VII по 5.VIII.

Рис. 8. Ветка с плодами гибрида № 2 Память друга × Подарок Одессы + Королевский, урожай 1955 г.

Начато размножение окулировкой и посевом около 450 семян.

№ 5. Дерево среднего размера. Весьма устойчиво. В первый год плодоношения дало около 5 *кг* плодов. Плоды очень крупные — до 34 *г*, сочные, высоких вкусовых качеств, размещены по одному равномерно по всей кроне, очень прочно прикреплены к дереву. Созревают в первых числах августа.

Начато размножение окулировкой и семенами.

№ 9. Высота дерева 3,1 *м*, диаметр кроны около 6 *м*, весьма стойко

Рис. 9. Гибрид № 3 Память друга × Подарок Одессы + Королевский, урожай 1955 г.

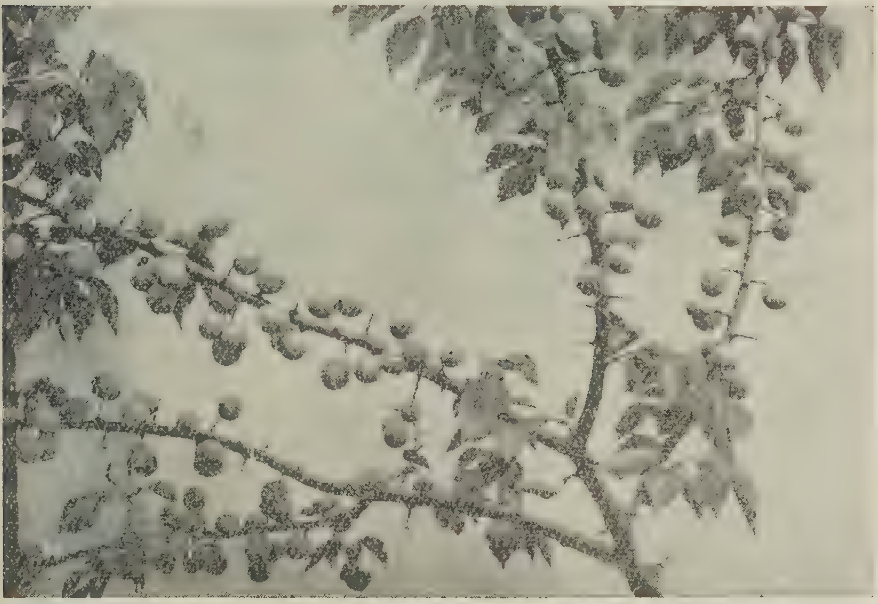


Рис. 10. Ряд 1, дерево 9, Гибрид № 9 Память друга × Подарок Одессы + Королевский.

против морозов и засухи. На шестой год роста гибрид дал 11,6 *кг* плодов замечательного внешнего вида и высоких вкусовых качеств. Средний вес плодов 24 *г* (рис. 10). Созревание в середине первой декады августа.

Начато размножение окулировкой и посевом семян.

№ 12. Дерево низкорослое — в шестилетнем возрасте оно имеет высоту 2 *м*, но образует большую крону — до 4 *м* в диаметре. Устойчивость к морозам и засухе высокая. В первый год плодоношения дало 6,2 *кг* плодов. Плоды размещены по два, реже букетами, средний вес их 20 *г*. Кожица плодов кремово-желтого цвета с изумительным ярко-красным румянцем, слегка опушена. Мякоть желтая, хрупкая, отличного вкуса. Созревание наступало в начале августа.

Начато размножение также окулировкой и посевом семян.

Гибриды Гевонди × Краснощекий + Большой ранний + Геогжанабад были посажены в количестве 8 деревьев и все принялись. К шестилетнему возрасту деревья достигли в высоту 3—3,5 *м* и образовали крону 4,3 *м* в диаметре. Обхват штамба 34—36 *см*.

Гибриды описываемой семьи дали большое расщепление по морозо- и засухоустойчивости. Некоторые из них заметно превзошли лучший из родительских сортов — Краснощекий.

На шестой год после посадки гибриды хорошо цвели и некоторые дали до 7 *кг* плодов. Средний вес плодов на разных деревьях колеблется от 10 до 41,7 *г*. У большинства гибридов плоды весят 20—26 *г*. Созревание наступило 8 и закончилось 29.VIII.

Для дальнейшего размножения как путем окулировки, так и посевом семян выделены следующие гибриды:

№ 14. Дерево 3,3 *м* высоты и крона свыше 4 *м* в диаметре. Полностью устойчиво к морозам и засухе. На шестой год роста дало 7 *кг* плодов. Средний вес плода 25 *г*. Плоды яйцевидно-удлиненной формы, имеют зеленовато-желтую окраску кожицы, слабо опушены, прочно прикреплены к дереву. Созревание наступило и закончилось 15 августа.

Гибрид размножается окулировкой и посевом семян.

№ 16. Дерево невысокое, образует широкораскидистую хорошо освещенную крону. Устойчивость к морозам и засухе отличная. В первый год плодоношения дало плодов 6 *кг*. Плоды имеют сердцевидную форму, бледно-желтые со слабым румянцем. Вкус отличный. Средний вес плода 41,7 *г*. Косточка сплюснутая, весит 2 *г*. Созревание наступает в середине августа.

Гибрид размножается окулировкой в плодовых питомниках и посевом семян.

Очень крупный Маковского × Домазан + Амброзия. В сад посажено 48 гибридов, из них сохранилось 47. Они достигли от 3,8 до 4,2 *м* в высоту и образовали крону до 5 *м* в диаметре. У большинства деревьев крона правильной округлой формы, очень хорошо облиственна, имеет красивый вид, благодаря чему заслуживают того, чтобы их высаживали вдоль шоссейных и железных дорог.

Устойчивость гибридов к низкой температуре и засухе очень высокая. Плодоношение наступило на четвертый год после посева, а шестилетние деревья дали от 12—27 и 31,4 *кг* плодов. Большая часть гибридов принесла плоды весом 13—17 *г*, но у отдельных экземпляров они имеют вес 20—24 и 25 *г* каждый. Созревание плодов разных гибридов начинается 5 и заканчивается 15—18. VIII. Урожай одного дерева созревает в общем одновременно.

Для дальнейшего размножения семенами и окулировкой нами выделен один гибрид этой семьи — № 23.

№ 23. Низкорослое дерево образует очень широкую, плоской формы, густо покрытую листьями крону. На шестой год роста дерево дало плодов 21 *кг*. Плоды желтой окраски, имеют румянец, мякоть желтая, средней плотности, ароматная, отличного вкуса. Средний вес плода 24 *г*, косточка очень мелкая, весит 1,4 *г*. Начато размножение посевом семян.

Рис. 11. Плодоношение гибрида № 76 Поздний Маковского × × смесь пыльцы, урожай 1955 г.

Поздний Маковского × смесь пыльцы разных сортов. Из 49 посаженных деревьев сохранилось и имеют хорошее состояние 44 дерева. Они достигли в высоту 4,2—4,7 *м* и имеют крону до 5 *м* в диаметре. Все сохранившиеся гибриды высоко устойчивы к холодам и засухе. На пятый год роста наступило цветение. Большинство деревьев дало плоды со средним весом 12—14 *г*, а у отборных экземпляров они гораздо крупнее.

Для размножения рекомендовали следующие номера.

№ 76. Шестилетнее дерево дало 13,5 *кг* плодов. Средний вес плода 18,5 *г*. Вкусовые качества очень высокие. Созревание наступило в середине августа (рис. 11).

№ 250. Дерево вышесреднего размера. Цветение наступило на пятый год после всхода семян, а на шестой год урожай плодов составил 6 *кг*. Средний вес плода 23,2 *г*. Вкусовые качества получили очень высокую оценку. Созревание наступило в первых числах августа.

Начато размножение посевом семян.

№ 104 и 105. По хозяйственным, биологическим и морфологическим признакам эти два гибрида настолько схожи, что мы объединили их в одну группу. Деревья имеют в высоту 4 *м* и крону — 5,2 *м* в диаметре. На шестой год роста дали по 25 *кг* плодов. Плоды яйцевидно-удлиненной формы, слегка перекошены по шву, имеют зеленовато-желтую окраску с привлекательным румянцем. Созревание наступает в конце второй декады августа.

№ 309. Дерево крупное, первый урожай принесло на четвертый год роста, а на шестой год дало 19,2 *кг* плодов. Плоды имеют средний вес 28,5 *г*, созревают с 15 по 20.VIII. Вкусовые качества очень хорошие. Начато размножение этого гибрида посевом семян.

Ананасный × смесь пыльцы разных сортов. При опылении цветков южного теплолюбивого сорта Ананасный смесью пыльцы культурных сортов удается получить гибриды, которые превосходят родительские формы по устойчивости к низкой температуре. Из 40 посаженных гибридов этой комбинации сохранилось 38. Большинство деревьев среднего размера. Цветение наступает на пятый год роста, а на шестой год отдельные экземпляры дают 15—16—22 *кг* плодов. Гибриды этой семьи приносят плоды весом от 12 до 25 *г*. Высокие вкусовые качества плодов сочетаются с очень привлекательным их внешним видом.

Для размножения нами отобраны следующие гибриды.

№ 108. Дерево средних размеров, с красивой, хорошо просвечиваемой кроной. Хорошо выносит понижения температуры до 31°. На шестой год роста принесло 16,8 *кг* плодов. Средний вес плодов 19,2 *г*. Вкусовые качества хорошие. Созревание проходит с 16 по 22. VIII.

№ 281. Дерево вышесреднего размера, вполне устойчиво против морозов и засухи. Цветение наступило на четвертом году роста, а на шестой год снят урожай в 18,3 *кг*. Плоды вышесреднего размера, содержат высокий процент сахара, имеют довольно плотную мякоть, должны быть использованы главным образом для сушки и приготовления компотов. Созревание заканчивается 20—22.VIII.

Исфарак × смесь пыльцы. Этот южный сорт характеризуется у себя на родине высокой сахаристостью плодов. От опыления смесью пыльцы разных сортов дал начало потомству, которое соединило в себе раннее начало плодоношения, крупноплодность, урожайность, повышенную сахаристость плодов с устойчивостью деревьев против неблагоприятных условий.

Для дальнейшего размножения окулировкой и семенами отобран гибрид № 124.

№ 124. У гибрида крупное дерево с правильно расположенными в кроне ветвями. На шестой год роста дерево принесло 10 *кг* плодов, средний вес каждого составляет 27,2 *г*. Плоды удлиненной формы, покрыты красивой кожицей янтарно-желтого цвета, очень сочные и сладкие. Они прочно прикреплены к дереву и не осыпаются. Созревание наступает в конце июля.

Среди селекционного материала воспитывается 33 растения, полученных от опыления абрикоса Сацер смесью пыльцы разных сортов. Сацер, мелкие плоды которого имеют горьковатый привкус и характеризуются сухой мякотью, не привлекал наше внимание как исходная форма для создания нового сорта. Использованием в исследовании сеянцев сорта Сацер

мы ставили задачу вывести достаточно устойчивую и сильнорослую форму абрикоса, семена которого можно было бы использовать для получения подвоя и размножения крупноплодных сортов.

Селекция подвоев для абрикоса совершенно необходима, так как в настоящее время этим в северной части Украины никто не занимается.

Вопреки ожиданию, сеянцы Сацера дали очень большое расщепление. Наряду с гибридами, вступившими в пору плодоношения на третий год после посева семян (№ 29, 34, 37, 38, 46 и др.), появились гибриды, которые дали первый урожай на седьмой год роста.

Урожайность разных гибридов неодинаковая и колеблется в пределах от 1 до 15—19 *кг* плодов дерева.

Примерно 80% деревьев принесло плоды со средним весом выше 10 *г* (12—15, а у отдельных номеров даже 29 *г*), и только у 20% деревьев средний вес одного плода от 7 до 10 *г*. Таким образом, среди этого материала можно вести отбор хозяйственно ценных форм. Массовое созревание начинается 5—8.VIII и продолжается до 20—25.VIII. Среди сеянцев описываемой семьи имеется, хотя и небольшая часть таких, плоды которых лишены горечи и вполне могут быть отнесены в категорию столовых.

Поскольку нашей главной задачей была селекция подвоев, мы провели соответствующую оценку всего материала и выделили два наиболее ценных гибрида № 37 и 38.

№ 37. Дерево имеет 3,7 *м* высоты, диаметр кроны 4,4 *м*. Обхват ствола 27 *см*, устойчивость дерева к морозам безупречная. На шестой год роста дерево дало 10 *кг* плодов со средним весом каждого 10,5 *г*. Плоды правильной формы, слегка удлиненные, кожица бледно-желтая, без румянца. Косточка легко отстает, небольшого размера, весит 1,4 *г*. Семена обладают высокой всхожестью и дают сеянцы, полностью отвечающие требованиям, которые предъявляются к подвоям первого сорта.

При закладке маточно-семенных садов абрикоса мы рекомендуем описанный гибрид № 37 высаживать вместе с гибридом № 38 этой же семьи для обеспечения перекрестного опыления. Гибрид № 38 характеризуется также очень высокой устойчивостью дерева к неблагоприятным условиям. Плоды крупные — средний вес их 29,4 *г*, хорошего вкуса.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. М. ГОДЛИН,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л. И. КОВАЛЬСКИЙ,
ассистент

К ВОПРОСУ ОБ ИСТОЧНИКАХ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ ПОНИЖЕНИЙ БАССЕЙНА р. ТРУБЕЖ

(предварительное сообщение)

Бассейн реки Трубеж расположен в пределах левобережных районов Киевской области, а также занимает часть Бобровицкого и Ново-басанского районов, Черниговской области. Площадь бассейна 476 000 *га*, из которых около 70 000 *га* составляют понижения, покрытые преимущественно дерново-луговыми, черноземно-луговыми и лугово-черноземными почвами, нередко в различной степени солонцеватыми и солончаковатыми. На склонах повышений местами залегают слабо-средне- и сильносолонцеватые черноземы. В северной половине бассейна реки Трубеж встречаются дерново-луговые почвы с признаками осолодения.

В засолении почв бассейна реки Трубеж принимает участие почти исключительно сода ($NaHCO_3$ и Na_2CO_3); сульфаты и хлориды если и встречаются, то в незначительных количествах.

В геоморфологическом отношении бассейн реки Трубеж расположен в пределах однолессовой, двухлессовой, трехлессовой, моренной и частично боровой террас Днепра (В. Н. Чирвинский [15, 16], Д. К. Биленко [2]).

Изучение источников засоления почв и процессов образования солонцов и солонцеватых почв имеет большое практическое значение, так как позволяет правильно обосновать мероприятия по улучшению этих почв.

Кроме того, в шестой пятилетке намечается строительство Каневской ГЭС, которая создаст подпор воды Днепра до самого Киева и изменит гидрологические условия южной половины бассейна реки Трубеж. Это в свою очередь повлияет на солевой режим местности.

Для того чтобы предвидеть, в каком направлении могут пойти процессы засоления и рассоления почв, а также для того, чтобы по возможности изменить указанные процессы в желательном направлении, необходимо выявить источники и пути засоления почв понижений бассейна реки Трубеж.

В настоящей работе, проведенной за период с 1953 по 1955 гг., делается попытка выяснить этот вопрос.

Для почв Среднего Приднепровья, куда входит бассейн реки Трубеж, предполагается много возможных источников засоления. Источником сульфатов и хлоридов могут быть четвертичные отложения (К. К. Гедройц [4,5], М. В. Колесников [9] и др.), третичные породы, размытые Днепром и его притоками [3], соляные купола и засоленные ими грунтовые воды (А. Н. Соколовский и его сотрудники [7,18]).

Источником соды могут явиться меловые отложения в Сумской и Черниговской областях (Г. Н. Самбур [3]), щелочные воды отложений

различного возраста, обнаженные при размыве местности водами древнего Днепра и четвертичные отложения (Г. С. Гринь [6]).

Сода могла образоваться в почвах при обменных реакциях между поглощенным почвой Na и бикарбонатами Ca и Mg или H_2CO_3 (К. К. Гедройц [4,5]), а также при восстановлении сульфатов с участием микроорганизмов до сернистых соединений, которые, реагируя с угольной кислотой, дают соду (В. Р. Вильямс и др. [11]).

Для выявления источников засоления почв бассейна реки Трубеж, помимо исследования почв, был изучен состав воды различных водоносных горизонтов, о распространении и глубине залегания которых дает представление приведенная в тексте схема геологического строения местности рис. 1. Всего проанализировано 150 проб грунтовых вод.

Нами также использованы те немногочисленные анализы воды разных водоносных горизонтов из бассейна реки Трубеж, которые имеются в работах К. И. Макова [10], В. Н. Чирвинского [16], В. Б. Порфирьева и др. [12]. Приведенная в работе таблица дает представление о составе воды различных водоносных горизонтов.

Химический состав воды разных водоносных горизонтов из бассейна р. Трубеж

Название водоносного горизонта	Юра	Каневско-бучакский ярус	Древне-аллювиальные отложения Днепра	Грунтовые воды водоразделов	Грунтовые воды склонов	Грунтовые воды под понижениями	Грунтовые воды пойм рек бассейна Трубежа	р. Трубеж (г. Переяслав-Хмельницкий)
Глубина (в *м*)	270	—	30—47	3—25	2—25	0,5—2,5	0—2,0	—
pH	7,85	7,7	7,4—8,1	7,2—7,6	7,1—7,5	7,1—8,2	7,1—7,8	7,97
Сумма ионов (в *мг* на 1 *л*)	1087,2	692,4	516—614	351—1185	597—2680	357—2906	314—1665	826,6
CO_3 » » »	нет	нет	нет	нет	нет	0—следы	нет	нет
HCO_3 » » »	457,5	454,9	339—442	201—674	385—1014	269—1564	244—941	533,8
Cl » » »	230,7	25,5	следы—17	4—221	13—641	следы—795	следы—245	62,1
SO_4 » » »	37,9	23,5	следы—36	5—173	19—480	следы—520	следы—158	12,9
Ca » » »	9,0	42,8	81—100	50—206	72—230	7—320	13—151	101,2
Mg » » »	5,9	15,0	24—26	10—121	27—210	13—205	20—46	21,9
Na+K » »	346,2	131,6	12—20	следы—207	3—242	6—605	0,2—308	91,7
Na_2CO_3 » »	нет	нет	нет	нет	нет	0—следы	нет	нет
$NaHCO_3$ » »	551,1	338,5	0—42	нет	нет	0—2028	0—454	138,6

Самыми глубокими водоносными горизонтами, которые изучались с точки зрения возможного источника засоления почв понижений, были водоносные горизонты в юрских породах и песках каневско-бучакского яруса.

Как видно из таблицы, они несут щелочные воды с большим содержанием бикарбоната натрия.

Над юрскими породами и песками каневско-бучакского яруса лежит водоносный горизонт в древне-аллювиальных отложениях Днепра.

Химический состав воды древне-аллювиальных отложений Днепра показывает, что вода этого водоносного горизонта относительно слабо минерализована и не всегда содержит бикарбонат натрия. Бикарбонат натрия найден нами в местах соприкосновения водоносного горизонта в юрских породах и песках каневско-бучакского яруса с водоносным горизонтом в древне-аллювиальных отложениях Днепра (Переяслав-Хмельницкий район).

Лежащие выше водоносные горизонты — в лессах, лессовидных суглинках и в аллювиальных отложениях рек системы Трубежа для наших целей удобно разделить на:

а) грунтовые воды водоразделов,

б) грунтовые воды под склонами повышений как крутыми, так и весьма пологими,

в) грунтовые воды под пониженными элементами рельефа,

г) грунтовые воды современных аллювиальных отложений реки Трубеж и ее притоков (поймы рек).

Грунтовые воды водораздельных пространств имеют небольшую минерализацию, редко превышающую 0,7 *г* солей на 1 *л*. Содержание ионов Na + K — незначительное; карбонат и бикарбонат натрия на высоких

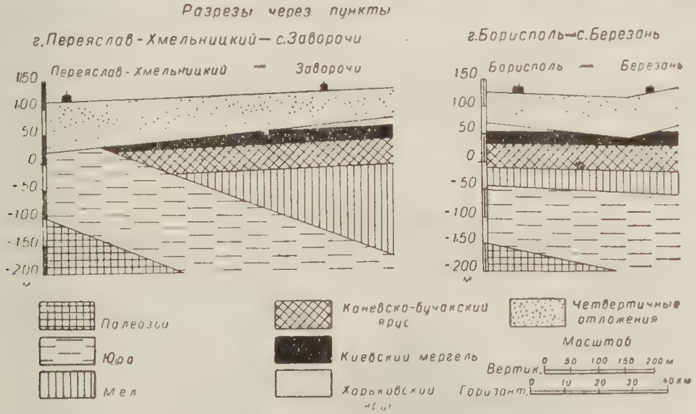


Рис. 1. Схема геологического строения бассейна р. Трубеж.

водоразделах не встречаются. Грунтовая вода под склонами повышений во многих случаях отличается от воды других водоносных горизонтов более высокой степенью минерализации, а также повышенным содержанием хлоридов и сульфатов. Карбонат и бикарбонат натрия не встречаются.

Грунтовые воды под водоразделами и склонами повышений в ряде случаев содержат значительно меньше HCO_3, чем необходимо для связывания Ca и Mg. Очевидно, в воде должны присутствовать, кроме бикарбонатов Ca и Mg, еще хлориды и сульфаты этих элементов.

Грунтовые воды, расположенные под пониженными элементами рельефа, почти повсеместно содержат соду — $NaHCO_3$ и Na_2CO_3.

Как правило, количество соды возрастает под солонцеватыми и солонцевато-солончаковатыми почвами. Хлориды и сульфаты в более или менее больших количествах можно встретить вблизи склонов; вдали от них содержание Cl и SO_4 под почвами понижений падает.

Грунтовые воды современных аллювиальных отложений реки Трубеж и его притоков показывают, какие соли поступают в поймы рек и в самые реки. Как показывают анализы, в поймы рек поступают преимущественно бикарбонаты Ca и Mg, меньше хлориды и сульфаты, а во многих случаях и бикарбонат натрия. Анализ воды реки Трубеж показывает, что за пределы бассейна реки Трубеж выносятся бикарбонаты Ca, Mg и Na, затем хлориды и совсем мало сульфаты. В отдельные годы весной появляется Na_2CO_3

Переходим к обсуждению полученных результатов.

Как уже указывалссь выше, в засолении почв принимает участие практически одна сода. Поэтому, задача сводится к отысканию источников соды для почв понижений бассейна реки Трубеж.

Результаты анализов грунтовых вод из различных водоносных горизонтов показывают, что сода не поступает в понижения из водоразделов и, по всей вероятности, из ниже лежащего водоносного горизонта в древне-аллювиальных отложениях Днепра.

Исключением является Переяслав-Хмельницкий район, где водоносный горизонт в древне-аллювиальных отложениях Днепра содержит бикарбонат натрия.

Наибольшие количества соды в грунтовых водах обнаружены под солонцеватыми и солонцевато-солончаковатыми почвами. В грунтовых водах, расположенных под незасоленными почвами понижений, сода может вовсе отсутствовать.

Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод, что в настоящее время почвы, содержащие карбонат и бикарбонат натрия, являются источниками соды для грунтовых вод понижений. На возможность такого процесса в свое время указывал К. К. Гедройц [5]. Сода в почвах могла образоваться согласно теории К. К. Гедройца, по которой образованию соды предшествует засоление почв сульфатами и хлоридами натрия. В пользу этой теории говорят данные анализов грунтовых вод под склонами повышений, которые показывают, что вода, поступающая в понижения, в ряде случаев содержит значительное количество хлоридов и сульфатов. При несколько более засушливом климате, чем в настоящее время, эти соли могли аккумулироваться в почвах понижений и явиться причиной хлоридного и сульфатного засоления. С изменением климата в сторону более влажного сульфаты и хлориды натрия, а также кальция и магния, которые образовались при реакциях обмена между $NaCl$ и Na_2SO_4 с одной стороны и поглощенными почвой Ca и Mg с другой стороны, вымывались из почв.

Поглощенный почвой натрий (источником которого явились сульфаты и хлориды натрия) образовал в процессе обменных реакций с бикарбонатами Ca, Mg и H_2CO_3 соду.

Однако данные климатологии (Л. С. Берг [1], С. П. Хромов [14], М. Шварцбах [17]) показывают, что за последние 1500—2000 лет не произошло заметного изменения климата, а потому не было условий для значительного накопления сульфатов и хлоридов натрия в почвах на территории изучаемой местности. Если в бассейне реки Трубеж и происходило образование соды по схеме К. К. Гедройца, то в небольших количествах.

Существует второй возможный способ образования соды с участием микроорганизмов по схеме:

$$Na_2SO_4 \text{ (в присутствии органического вещества)} \rightarrow Na_2S + 2O_2 .$$

$$Na_2S + H_2CO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2S.$$

Выделяющийся кислород используется микроорганизмами для дыхания. В последнее время такому способу образования соды в почвах придается большое значение (А. Н. Розанов [13] и др.). По всей вероятности он является основным для почв понижений бассейна реки Трубеж.

В Переяслав-Хмельницком районе древне-аллювиальные отложения Днепра содержат небольшие количества соды. Сода поступает сюда из юрских отложений и песков каневско-бучакского яруса, несущих щелочные воды с большим содержанием бикарбоната натрия, так как киевский мергель, изолирующий водоносный горизонт в древне-аллювиальных отложениях Днепра от ниже лежащих водоносных горизонтов, в этих местах размыт.

Вполне уместно сделать предположение, что сода из древне-аллювиальных отложений Днепра попадает в грунтовые воды под пониженными элементами рельефа и служит еще одним источником соды, имеющим местное значение, для почв понижений Переяслав-Хмельницкого района.

На более северные районы бассейна реки Трубеж воды юрских пород и песков каневско-бучакского яруса, несущих большое количество соды, влияния не оказывают, потому что существующий ток воды в древне-аллювиальных отложениях Днепра по уклону местности относит их в юго-западном направлении за пределы изучаемого бассейна.

Таким образом, намечаются два источника соды для почв понижений бассейна реки Трубеж. Один из них основной для всей изучаемой местности— восстановление сульфатов с помощью микроорганизмов с образованием в конечном итоге соды.

Для Переяслав-Хмельницкого района возможен еще второй местный источник соды — щелочные воды юрских отложений и песков каневско-бучакского яруса. Другие предполагаемые источники соды для почв понижений Среднего Днепра на исследованной территории, по-видимому, практического значения не имеют.

ВЫВОДЫ

Бассейн реки Трубеж расположен в левобережных районах Киевской области, а также занимает часть Бобровицкого и Новобасанского районов, Черниговской области.

В засолении почв понижений бассейна реки Трубеж участвует почти исключительно сода — $NaHCO_3$ и Na_2CO_3. Сульфаты и хлориды если встречаются, то в незначительных количествах.

Исследования почв и воды из различных водоносных горизонтов показывают, что сода образуется преимущественно биологическим путем в грунтовых водах под почвами понижений, откуда при благоприятных условиях она попадает в почвы и засоляет их.

Для почв понижений Переяслав-Хмельницкого района возможен еще один местный источник соды — щелочные воды юрских отложений и песков каневско-бучакского яруса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л. С., Климат и жизнь, Москва, 1947.
2. Біленко Д. К., Матеріали до геологічної історії долини верхнього та середнього Дніпра, Київ, 1939.
3. Вернандер Н. Б., Годлин М. М., Самбур Г. Н., Скорина С. А., Почвы УССР, Киев—Харьков, 1951.
4. Гедройц К. К., К вопросу о естественно-историческом районе Носовской с.-х. опытной станции, Избр. соч., т. I, 1955.
5. Гедройц К. К., Солонцы, их происхождение, свойства и мелиорация, Избр. соч., т. III, 1955.
6. Гринь Г. С., Четвертичные отложения Среднего Приднепровья, как источник засоления почв данной провинции, Записки Харьковского с.-х. института, т. V, 1946.
7. Гринь Г. С., К вопросу о причинах и источниках засоления почв Среднего Приднепровья УССР, Труды конференции по почвоведению и физиологии культурных растений, т. I, 1937.
8. Коклик С. Г., Краткий гидрогеологический очерк Киевской области, Рукопись, фонды УГУ, Киев, 1939.
9. Колесников М. В., Осолодіння грунтів лівобережного Полісся України, Праці Глухівського с.-г. інституту, вип. I, Київ—Полтава, 1937.
10. Маков К. И., Подземные воды Днепровско-Донецкой впадины, Киев, 1941.

11. Мелиорация солонцов в СССР, под редакцией И. Н. Антипова-Каратаева, Москва, 1953.

12. Порфирьев В. Б., Видоменко Х. Р., Чутько Е. Б., Отчет о работах Черниговской тематической партии 1944/45 гг., Рукопись, фонды УГУ.

13. Розанов А. Н., Новые данные по генезису и мелиорации солонцов СССР, ж. «Почвоведение», № 11, 1955.

14. Хромов С. П., Колебание климата и современное потепление, ж. «Природа», № 1, 1956.

15. Чирвінський В. М., Про найдавніші лівобережні тераси Дніпра на дільниці між Києвом і Золотоношею, Труди природно-технічного відділу, № 14, 1931, «Четвертичний період», вип. 3.

16. Чирвинский В. М., Геологическое описание Переяславского планшета XXIII — 10, Рукопись, фонды УГУ, 1930.

17. Шварцбах М., Климаты прошлого, Москва, 1955.

18. Яровенко А. Ф., К вопросу об источниках засоления почв среднего Приднепровья, Автореферат диссертации, 1953.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Е. Я. ЕЛИН,
доцент

К БОТАНИКО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ р. ТЕТЕРЕВ

В решении вопроса создания прочной кормовой базы социалистического животноводства, наряду с всемерным улучшением полевого кормодобывания, большое значение имеет также улучшение и рациональное использование естественных кормовых угодий — сенокосов и пастбищ.

Вопрос улучшения и правильного использования естественных кормовых угодий особенно актуален для Полесской части УССР. Актуальность этого вопроса определяется здесь с одной стороны большими площадями сенокосов и пастбищ, а с другой — неудовлетворительной продуктивностью их в настоящее время.

Последнее является результатом не только совершенно недостаточного внимания сельскохозяйственных органов к естественным кормовым угодьям в отношении улучшения и правильного использования, но, в известной степени, недостаточной изученностью их с ботанико-производственной стороны.

В настоящей работе даются материалы к геоботанической характеристике лугов одной из крупных водных артерий правобережного Полесья УССР— р. Тетерев. Помимо ботанической характеристики различных типов пойменных лугов р. Тетерев нами приводятся данные по улучшению их.

Материалами к данной работе послужили наши маршрутные и стационарные исследования в пойме р. Тетерев. Стационарные исследования фенологического и агротехнического порядка проводились на Макалевичском стационарном пункте Украинского научно-исследовательского института земледелия (Малинский район, Житомирской области). Стационарная работа на пункте велась автором совместно с научными сотрудниками Новицким М. Д., Черноголовко Г. Г. и лаборантом Терещенко И. Ю.

Река Тетерев, являясь одним из сравнительно крупных притоков Днепра, как преобладающее большинство рек и речек юго-восточной части правобережного Полесья, течет в направлении с юго-запада на северо-восток.

Тетеревская пойма на значительном своем протяжении (в нижней и средней частях) представлена средне-пойменными, аллювиально-деятельными лугорастительными условиями с преобладанием в почвенном покрове суглинистого аллювия.

Благоприятный водно-воздушный почвенный режим, наряду с формированием аллювия главным образом за счет лессовых и моренових отложений, обусловливает относительно большую продуктивность этих кормовых угодий.

Равнинный, спокойный и невысокий характер рельефа, господство в пойме почв с хорошими физико-химическими свойствами и относительно тяжелым механическим составом, как и разнообразие фитоценологического и видового состава растительности — характерные черты лугов этой поймы.

Евмезофильный характер растительности преобладающей части Тетеревской поймы, большое участие в сложении луговых ассоциаций широколистных, ценных в кормовом отношении злаков, значительное распространение бобовой группы — характерные черты луговой растительности средне-верхней части р. Тетерев.

Обобщая фитоценологическое разнообразие растительности кормовых угодий средней части р. Тетерев, в увязке с генетическими зонами, мы можем представить ее в виде такой схемы.

Таблица 1

Типы кормовых угодий и главнейшие группы ассоциации среднего Тетерева

Типы кормовых угодий	Генетические части поймы и элементы рельефа	Почвы	Главнейшие группы ассоциаций
Луговой средне-пойменный свежий тип	Равнинные повышенные элементы рельефа центральной и прирусловой частей	Дерново-луговые и луговые глееватые, легкосуглинистые	Бобово-разнотравно-злаковые лисохвостники (Alopecureta leguminoso-herbosо-graminosa)
			Разнотравно-злаковые луговомятличники [Poeta (pratensis) herboso-graminosa]
Луговой средне-пойменный влажный тип	Равнинные сниженные элементы рельефа всех генетических частей поймы	Дерново-луговые и луговые глеевые, средне- и тяжелосуглинистые	Бобово-разнотравно-злаковые болотномятличники [Poeta (palustris) leguminoso-herboso-graminosa]
Болотно-луговой средне-пойменный тип	По лугам и снижениям всех частей поймы, особенно ее притеррасной части	Лугово-болотные и илисто-болотные, суглинистые	Злаково-разнотравные стройноосочники [Cariceta (gracilis) graminoso-herbosa)
			Гидрофильно-разнотравные манничники [Glycerieta (aguaticae) herbae palustris]

Остановимся на рассмотрении наиболее распространенных в пойме р. Тетерев лугов свежих и влажных.

Свежий луговой тип в пойме р. Тетерев играет значительную хозяйственную и физиономическую роль, занимая более высокие элементы рельефа в прирусловой и центральной частях.

Почвы здесь представлены главным образом глееватыми, дерново-луговыми и луговыми суглинистыми вариантами и характеризуются относительно высокими показателями питательного режима.

Равнинный и невысокий характер мезо- и микрорельефа луговых участков этого типа, наряду с хорошими физическими свойствами почв, обусловливают вполне удовлетворительные условия водного режима. Последний вместе с значительным активным богатством влияет на хорошее развитие луговой растительности.

Типичной, наиболее характерной группой ценозов этого типа луговых местопроизрастаний в пойме р. Тетерев являются бобово-разнотравно-злаковые лисохвостники (Alopecureta leguminoso-herboso-graminosa), в це-

нозах которых в отдельные годы господствующую роль играют также мятлик луговой. Фоновая роль злаковой группы, наряду с заметным развитием бобовых, мелких осок и разнотравья, характерная черта разнообразных ассоциаций этой группы лугов. Для более подробной характеристики ботанического состава растительности свежего типа кормовых угодий р. Тетерев приводим обобщенную таблицу (табл. 2), составленную на основе сведения описаний конкретных участков стержневой ассоциации — лисохвост луговой (+ осока ранняя) + клевер ползучий + лютик едкий [Alopecurus pratensis L. (+ Carex praecox Schreb) + Trifolium repens L. + Ranunculus acer L.].

Таблица 2

Ботанический состав группы ассоциации бобово-разнотравно-злаковые лисохвостники
(Alopecureta leguminoso-herboso-graminosa)

Свежий тип

Название видов	Среднее проективное покрытие (в %)	Крайние отклонения (в %)
Общее проективное покрытие травостоев	82,0	80—85
Лисохвост луговой (Alopecurus pratensis L.)	11,0	10,0—22,0
Мятлик луговой (Poa pratensis L.)	8,0	3,0—15,0
Мятлик болотный (Poa palustris L.)	1,3	1,0—3,9
Мятлик обыкновенный (P. trivialis L.)	1,8	1,0—6,0
Овсяница луговая (Festuca pratensis Huds.)	9,6	5,0—22,0
Тимофеевка луговая (Phleum pratense L.)	1,8	0—7,0
Осока ранняя (Carex praecox Schreb)	8,0	3,0—12,0
Осока колосистая (C. spicata Huds.)	0,5	0—1,0
Ожига бледная (Luzula pallescens (Wahlb) Bess.)	1,2	0—3,0
Клевер ползучий (Trifolium repens L.)	5,0	1,0—10,0
Клевер луговой (T. pratense L.)	0,9	0—1,5
Клевер розовый (T. hybridum L.)	1,2	0—3,0
Чина луговая (Lathyrus pratense L.)	1,5	0—4,0
Лядвенец рогатый (Lotus corniculatus L.)	3,0	2,0—5,0
Горошек мышиный (Vicia cracca L.)	4,0	1,0—6,0
Люцерна хмелевидная (Medicado lupulina L.)	2,0	0—3,0
Лютик едкий (Ranunculus acer L.)	4,4	3,0—8,0
Лютик золотистый (R. auricomus L.)	1,8	0—4,0
Лютик ползучий (R. repens L.)	0,9	0—2,0
Лютик сардинский (R. sardous Crantz.)	0,3	0—1,0
Подмаренник настоящий (Galium verum L.)	0,9	0—3,0
Звездчатка злаковидная (Stellaria graminea L.)	0,3	0—1,0
Василистник светлый (Thalictrum lucidum L.)	0,6	0—5,0
Василистник желтый (Thalictrum flavum L.)	0,3	0—1,0
Одуванчик лекарственный (Taraxacum officinalis Web)	0,3	0—1,0
Кульбаба осенняя (Leontodon autumnalis L.)	0,2	0—0,9
Василек луговой (Centaurea jacea L.)	0,3	0—1,0
Подорожник ланцетолистный (Plantago lanceolata L.)	0,3	0—1,0
Вербейник луговой чай (Lysimachia nummularia L.)	0,2	0—2,0
Черноголовка обыкновенная (Prunella vulgaris L.)	1,3	0—2,4
Горицвет кукушкин (Coronaria flos cuculi (L. A. Br.)	0,8	0—2,0
Таволга шестилепестная (Filipendula hrxapetala gilib)	0,9	0—3,0
Девясил британский (Inula britannica L.)	0,3	0—1,0
Тысячелистник обыкновенный (Achillea millifolium L.)	0,8	0—1,6
Буквица лекарственная (Betonica officinalis L.)	0,3	0—2,0
Жигунец сомнительный (Cnidium dubium Thell)	1,5	0—3,0
Авран аптечный (Gratiola officinalis L.)	0,6	0—2,0

Примечание. Таблица составлена на основе сведения 64 описаний конкретных участков луговой растительности свежего типа р. Тетерев (Макалевичский стационар).

Заметное участие в разнотравной группе лютика едкого обусловливает весенний ярко-желтый аспект преобладающего количества ассоциаций этого типа. Позже он постепенно сменяется на светло, а потом темно-зеленый аспект от господства султанов лисохвоста лугового и относительно широких темно-зеленых листьев мятлика лугового; еще позже, уже перед первым укосом, этот аспект сменяется на бело-пятнистый от цветущей таволги шестилепестной и василистника блестящего. Кроме этой стержневой ассоциации бобово-разнотравно-злаковых лисохвостников, нередко по более высоким элементам рельефа (и особенно в более сухие годы) в пойме р. Тетерев встречаются ассоциации с господством мятлика лугового—мятлик луговой + лисохвост луговой + клевер ползучий + таволга шестилепестная (Poa pratensis L. + Alopecurus pratensis L. + Trifolium repens L. + Filipendula hexapetala gilib).

Интересно отражается на ботанико-производственных особенностях растительности свежего типа влияние удобрений, которое нами наблюдалось в течение двух лет в диагностических опытах с поверхностным внесением удобрений на Макалевичском стационаре.

Большее проективное покрытие травостоя, как и большая густота и средняя высота, наряду с более интенсивным зеленым цветом и большей шириной листьев преобладающей части злаков, бросается в глаза даже при поверхностном сравнении делянок, удобренных NPK, с контрольными.

Ниже приводимые цифры иллюстрируют изменение проективного покрытия, высоты и ботанического состава растительности этого типа лугов р. Тетерев под влиянием NPK (табл. 3).

Таблица 3

Действие NPK на изменение проективного покрытия, высоты и ботанического состава растительности свежего типа лугов р. Тетерев

Содержание делянок	Проективное покрытие (в %)	Высота (в *см*)	Состав травостоя по ботанико-хозяйственным группам (в %)			
			Злаки	Бобовые	Осоковые	Разнотравье
Контроль	85	61	45,2	11,3	4,9	38,6
$N_{45}P_{45}K_{45}$	96	64	64,2	6,4	8,1	21,3

Важно отметить наряду со значительным увеличением участия злаковой и осоковой групп уменьшение здесь разнотравной и особенно бобовой группы. Последнее явно отрицательное явление наблюдалось нами в течение двух лет и, очевидно, является результатом биологического угнетения бобовой группы представителями злаковой группы, которые скорее и эффективнее реагируют на внесение минеральных удобрений в условиях суглинистой поймы р. Тетерев. Об этом свидетельствует факт относительно незначительного кущения здесь бобовых и слабое развитие их листовой поверхности (например, у клевера лугового и клевера ползучего) на делянках, удобренных NPK.

Продуктивность растительности свежего типа луговых местопроизрастаний р. Тетерев характеризуется относительно высокими показателями. Преобладание в сене ценных злаков с примесью бобовых, как и значительная урожайность (20—35 *ц/га*), выгодно отличают кормовые угодья этого типа.

Однако значительное естественное плодородие луговых местопроизрастаний этого типа лугов допускает получение здесь более высоких уро-

жаев при условии применения систематического ухода и рациональной системы использования.

Планировка поверхности, расчистка от кустарников и деревьев, а также ежегодное внесение минеральных удобрений (ориентировочно N_{30-45} P_{30-45} K_{30-45}) или периодическое перестилание торфокомпостами — основные мероприятия поверхностного улучшения, значительно повышающие урожайность лугов этого типа.

Эффективность действия минеральных удобрений на этом типе лугов р. Тетерев иллюстрируют такие данные Макалевичского стационара (табл. 4).

Таблица 4

Эффективность действия NPK на свежем типе лугов р. Тетерев

(М. Новицкий)

Содержание делянок	Урожай сена (в ц/га)	Прибавка урожая сена	
		(в ц/га)	(в %)
Контроль	46,0	—	—
$N_{45}P_{45}K_{45}$	54,5	8,5	18,5

Наиболее целесообразной формой использования на этом типе поёмных угодий следует считать основной укос и умеренный выпас отавы. Если возникает потребность в применении ежегодного двухразового сенокошения, то следует на протяжении четырех — пяти лет вводить одногодичное пастбищное использование. В отдельных случаях вместо поверхностного улучшения на этом типе целесообразно проведение коренного улучшения.

Влажный луговой тип кормовых угодий в пойме р. Тетерев играет основную роль, занимая более сниженные позиции рельефа центральной и прирусловой частей.

В почвенном покрове здесь чаще всего встречаются глеевые разновидности луговых и дерново-луговых почв. Они, наряду с тяжелым механическим составом и отчетливо выраженной зернистой структурой, в условиях поемных луговых местопроизрастаний правобережного Полесья УССР характеризуются высокими показателями естественного плодородия.

Благоприятные эдафические условия этого типа, как и постоянное влияние человека, сильно разнообразят ценологический состав растительности. Однако большинство конкретных фитоценозов влажного типа местопроизрастаний в пойме р. Тетерев принадлежат к группе ассоциаций — бобово-разнотравно-злаковые болотномятличники [Poeta (palustris) leguminoso-herboso-graminosa].

В условиях поемного окружения р. Тетерев растительность влажного типа характеризуется, по сравнению с растительностью свежего типа, более высокими ботанико-производственными показателями, что иллюстрируют такие данные наших наблюдений на Макалевичском стационаре (табл. 5).

Преобладание ценных в кормовом отношении злаковых компонентов, наряду с более или менее значительным развитием бобовых, как и меньшее участие разнотравья, — характерные черты разнообразных фитоценозов этой группы ассоциации.

Для более подробной характеристики ботанического состава бобово-разнотравно-злаковых болотномятличников приводим таблицу, которая состав-

Таблица 5

Ботанико-производственные показатели растительности свежего и влажного типов лугов р. Тетерев

Типы лугорастительных условий	Урожайность (в *ц/га*)	Проективное покрытие (в %)	Средняя высота (в %)	Ориентировочный состав травостоев по ботанико-производственным группам (в %)			
				Злаки	Бобовые	Осоковые	Разнотравье
Евтрофный луговой свежий . .	46,7	85	61	45,2	11,3	4,9	38,6
Мегатрофный луговой влажный . .	57,7	90	75	59,8	11,7	11,0	17,5

Таблица 6

Ботанический состав группы ассоциации — бобово-разнотравнозлаковые болотномятличники

(Poeta (palustris) leguminoso-herbosa)

Влажный тип

Название видов	Среднее проективное покрытие (в %)	Крайние отклонения (в %)
Общее проективное покрытие травостоев	90,0	87 —95
Лисохвост луговой (Alopecurus pratensis L.)	8,4	3,0—15,0
Полевица белая (Agrostis alba L.)	2,4	0 — 5,0
Мятлик луговой (Poa pratensis L.)	3,4	0 — 5,0
Мятлик болотный (P. palustris L.)	23,0	20,0—35,0
Мятлик обыкновенный (P. trivialis L.)	2,6	1,0— 5,0
Овсяница луговая (Festuca pratensis Huds.)	2,1	1,0— 8,0
Тимофеевка луговая (Phleum pratense L.)	3,0	1,0— 7,0
Осока заячья (Carex leporina L.)	1,8	0 — 3,0
Осока стройная (C. gracilis Curt.)	7,5	5,0—10,0
Ситняг болотный (Heleocharis eupalustris Lindb.)	0,3	0 — 1,0
Клевер ползучий (Trifolium repens L.)	12,8	4,0—25,0
Клевер розовый (T. hybridum L.)	1,5	1,0— 4,0
Чина луговая (Lathyrus pratensis L.)	0,9	0 — 4,0
Лядвенец рогатый (Lotus corniculatus L.)	0,6	0 — 2,0
Горошек мышиный (Vicia cracca L.)	0,5	0,1— 0,6
Люцерна хмелевидная (Medicago lupulina L.)	1,3	0 — 3,0
Лютик едкий (Ranunculus acer L.)	0,5	0 — 1,0
Лютик ползучий (R. repens L.)	5,8	5,0—12,0
Лютик жгучий (R. flammula L.)	3,0	1,0— 5,0
Подмаренник топяной (Galium uliginosum L.)	0,4	0 — 1,0
Подмаренник болотный (G. palustre L.)	0,6	0,5— 1,0
Звездчатка злачная (Stellaria graminea L.)	1,1	0 — 2,5
Василистник светлый (Thalictrum lucidum L.)	0,3	0 — 1,0
Одуванчик лекарственный (Taraxacum officinalis L.)	0,6	0,2— 1,3
Кульбаба осенняя (Leontodon autumnalis L.)	0,8	0 — 2,1
Василек луговой (Centaurea jacea L.)	0,5	0 — 1,0
Подорожник линцетолистный (Plantago lanceolata L.)	0,9	0 — 2,0
Вербейник луговой чай (Lysimachia nummularia L.)	1,2	0 — 2,0
Черноголовка обыкновенная (Prunella vulgaris L.)	1,4	0 — 2,5
Горицвет кукушкин (Coronaria flos cuculi (L.) A. Br.)	1,8	0,1— 3,0
Девясил британский (Inula britannica L.)	1,0	0 — 1,9
Лапчатка гусиная (Potentilla anserina L.)	1,5	0,1— 4,2
Мята полевая (Mentha arvensis L.)	1,6	0,8— 2,0
Калужница болотная (Caltha palustris L.)	0,4	0 — 1,0
Щавель пирамидальный (Rumex thyrsiflorus Fingerh)	0,1	0 — 0,5
Незабудка дернистая (Myosotis caespitosa schultz)	1,2	0,8— 2,0
Омежник водяной (Oenanthe aquatica (L.) Poir)	0,6	0 — 1,0

Примечание. Таблица составлена на основе сведения 56 описаний конкретных участков луговой растительности влажного типа р. Тетерев (Макалевичский стационар).

лена на основе сведения описаний конкретных участков стержневой ассоциации этой группы — мятлик болотный + лисохвост луговой + лютик ползучий + клевер ползучий (Poa palustris L. + Alopecurus pratensis L. + + Ranunculus repens L. + Trifolium repens L.) (табл. 6).

Значительная роль в травостоях лютика ползучего и горицвета кукушкиного обуславливают два первых весенних аспекта этой группы ассоциаций. Более ранний желтый — от цветущего лютика ползучего и более поздний розовый — от горицвета кукушкиного, который постепенно сменяется на зеленый злаковый (от мятлика болотного и частично лисохоста лугового) и заканчивается перед первым укосом бело-пятнистым аспектом от цветущего подмаренника топяного и подмаренника болотного.

Среди пастбищных ценозов влажного типа местопроизрастаний этих кормовых угодий преобладают ассоциации полевицы ползучей с значительным участием лапчатки гусиной и клевера ползучего (например, ассоциация — полевица ползучая + мятлик болотный + лапчатка гусиная + + клевер ползучий (Agrostis stolonizans Bess + Poa palustris L. + Potentilla anserina L. + Trifolium repens L.).

Влияние минеральных удобрений на ботанический состав травостоев влажного типа лугов Тетеревской поймы сказывается как и на свежем достаточно отчетливо. Под влиянием NPK значительно увеличивается количественное участие злаковой группы, наряду с уменьшением бобовой, разнотравной и осоковой. Об этом свидетельствуют цифровые данные наших стационарных наблюдений (табл. 7).

Таблица 7

Действие NPK на изменение ботанического состава растительности влажного типа лугов р. Тетерев

Содержание делянок	Состав травостоев по ботанико-производственным группам (в %)			
	Злаки	Бобовые	Осоковые	Разнотравье
Контроль	59,8	11,7	11,0	17,5
$N_{45}P_{45}K_{45}$	84,2	1,6	6,3	7,9

Характер влияния минеральных удобрений на растительность этого типа в основном подобен их влиянию на свежем типе. Различная реакция осоковой группы на свежем и влажном типах, очевидно, является результатом различного экологического состава компонентов этой группы.

Продуктивность растительности влажного типа в пойме р. Тетерев вполне удовлетворительная и даже хорошая как с количественной, так и с качественной стороны. Преобладание в сене этой группы кормовых угодий злаков хорошего качества, наряду со значительным участием бобовых и относительно ограниченной ролью несъедобного и вредного разнотравья, характеризует его с качественной стороны высоко. Поскольку луговые местопроизрастания этого типа дают и значительную массу, достигающую в среднем 25—40 *ц/га* сена, они могут считаться как одни из лучших поемных кормовых угодий правобережного Полесья УССР.

Получение здесь более высоких и стойких урожаев требует ухода за этими лугами — систематического внесения минеральных удобрений или периодического перестилания торфокомпостами. Большое значение

имеет также применение рациональной системы использования, учитывая биолиогческие особенности бобово-злаковых компонентов травостоя.

Эффективность минеральных удобрений на влажном типе кормовых угодий поймы р. Тетерев иллюстрируют такие опытные данные Макалевичского стационара (табл. 8).

Таблица 8

Эффективность действия NPK на влажном типе лугов р. Тетерев

(М. Новицкий — 3)

Содержание делянок	Урожай сена (в *ц/га*)	Надбавка урожая сена	
		(в *ц/га*)	(в %)
Контроль	57,7	—	—
$N_{45}P_{45}K_{45}$	73,0	15,3	26,5

ВЫВОДЫ

Поемные луга Тетеревской поймы в условиях центрального Полесья УССР являются наиболее продуктивными естественными кормовыми угодьями. Благоприятные условия половодья, супесчаный и суглинистый характер наносов, богатые дерново-луговые и луговые структурные почвы обусловливают высокую кормовую ценность травостоев этих лугов.

Главнейшими типами лугов здесь являются: свежие — бобово-разнотравно-злаковые лисохвостники и влажные — бобово-разнотравно-злаковые болотномятличники.

Продуктивность различных ассоциаций колеблется здесь от 20 до 40 и выше *ц/га* сена.

Систематическое внесение минеральных удобрений (N_{30-45} P_{30-45} K_{30-45}) дает значительную прибавку урожая — на свежем типе до 20%, на влажном до 27%.

Наиболее рациональной формой использования как на свежем, так и влажном типах лугов р. Тетерев является комбинированое — сенокосно-пастбищное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еленевские Р. А. и Е. В., Тетеревская пойма на фоне Днепровско-Припятского поемного ландшафта, Полесская областная опытная станция, 1927.

2. Логгинов П. Д., О введении правильной системы использования естественных лугов, ж. «Проблемы животноводства», № 4, 1939.

3. Новицький М. Д., Річний звіт Макалевицького н.-д. опорного пункту (рукопис), 1938.

4. Елин Е. Я., Лесные и луговые кормовые угодья правобережного Полесья УССР (рукопись), 1939.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. А. ПОВАРНИЦЫН,
член-корреспондент АН УССР, профессор

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ В СОСНОВЫХ ЛЕСАХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ В СВЯЗИ С ИХ ТИПАМИ

Директивами XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР предусмотрено провести работы по содействию естественному возобновлению леса на площади 3,8 млн. гектаров. Поэтому изучение естественного возобновления леса под пологом насаждений и на лесосеках в лесах украинского Полесья, занимающих площадь около 2,5 млн. гектаров, является очень важной и актуальной задачей. По отдельным лесообразующим породам леса здесь распределяются следующим образом: сосна занимает 62% лесной площади, дуб — 18%, береза — 11%, черная ольха — 7% и осина — 2%.

Таким образом, лесная растительность украинского Полесья в основном состоит из сосновых насаждений на бедных дерново-слабоподзолистых песчаных и супесчаных почвах. На более богатых супесчаных почвах широкое распространение имеют сосняки с примесью дуба, граба. Как производные типы здесь произрастают березовые, иногда осиновые насаждения, занимающие незначительные площади. В южной части Полесья среди сосновых лесов небольшими массивами на дерново-слабоподзолистых песчаных, супесчаных и серых оподзоленных суглинках распространены грабовые дубняки. Дубовые леса встречаются также на аллювиальных супесчаных и песчаных почвах поймы р. Днепра. По долинам небольших речек и ручьев растут черноольховые леса, обычно тянущиеся узкой полосой.

В зависимости от условий увлажнения и плодородия почвы все многообразие сосновых лесов может быть сведено к следующим группам: лишайниковой, зеленомошниковой, долгомошниковой, сфагновой и сложной. Лишайниковые сосняки, или сухие боры, занимают повышенные части рельефа и растут на сухих, сравнительно малоплодородных дерново-слабоподзолистых песках с глубоким уровнем грунтовых вод. Зеленомошниковые или свежие и отчасти влажные сосняки произрастают на средне-увлажненных дерново-слабоподзолистых песчаных или супесчаных почвах. Долгомошниковые или сырые сосняки приурочены к сильно увлажненным подзолистым супесчаным почвам со следами оглеения и близким залеганием уровня грунтовых вод. Сфагновые сосняки или сосна по болоту имеют широкое распространение в северных районах правобережного Полесья. Они занимают пониженные части рельефа с торфяно-глеевыми и торфяными почвами, подстилаемыми песками. Сложные сосняки, или субори, с хорошо развитым подлеском из орешника или вторым ярусом из дуба, граба растут на сравнительно богатых дерново-супесчаных реже песчаных почвах, подстилаемых прослойками суглинка.

Лишайниковые сосновые леса представлены сосняком лишайниковым IV/V классов бонитета, чабрецово-лишайниковым IV класса бонитета и злаково-лишайниковым III класса бонитета.

Успешность естественного возобновления (М. Е. Ткаченко, 1955) оценивается следующим образом: отличное возобновление, если вполне окрепшего самосева и подроста старше 1 — 2 лет насчитывается на 1 *га* больше 10 тысяч штук, хорошее — при 5—10 тыс., удовлетворительное при 2—5 тыс., недостаточное — при 0,1 — 2 тыс. штук и возобновление отсутствует при количестве подроста менее 0,1 тыс. штук. В случае неравномерного распределения подроста приведенные придержки должны быть соответственно увеличены.

Возобновление сосны в лишайниковых типах происходит плохо, подрост приурочивается преимущественно к прогалинам и местам развития лесной подстилки, которая благоприятствует сохранению влаги. На лесосеках естественное возобновление проходит неудовлетворительно только сосной без примеси лиственных пород.

Сосняки зеленомошниковые наиболее широко распространены в северных частях украинского Полесья на свежих дерново-слабоподзолистых песчаных почвах со слабо развитым гумусовым горизонтом.

Эта группа сосновых лесов, занимая большие площади на Полесье, состоит из следующих наиболее широко распространенных типов: зеленомошникового I/I^a класса бонитета, брусничникового I кл. бонитета, верескового I/II кл. бонитета, орлякового I класса бонитета, папоротникового I класса бонитета, черничникового III/IV классов бонитета и рододендронового сосняка I/II класса бонитета. Хорошо проходит процесс возобновления в зеленомошниковом сосняке.

В брусничниковом сосняке встречается в большом количестве подрост сосны от 23 до 72 тыс. штук на 1 *га*. Распределение по возрасту и высоте приводится в таблице 1.

В краткопроизводных типах леса, например, в овсяницево-брусничниковом сосняке в результате задернения почвы наблюдается меньшее количество подроста сосны, как это видно из данных, приводимых в таблице 2. Очень незначительное количество подроста сосны наблюдается в сосняке овсяницевом с сплошным травяным покровом из овечьей овсяницы, образовавшимся из брусничникового сосняка в результате выпаса скота. Почва имеет сплошное задернение, что особенно хорошо заметно около крупных населенных мест, например, в окрестностях г. Киева, в Боярском учебно-опытном лесхозе.

Возобновление под пологом насаждений верескового сосняка происходит вполне удовлетворительно — от 6 до 37 тыс. штук на *га* сосны в возрасте 7—10 лет, подрост приурочен большей частью к окнам. Лесосеки в этом типе прекрасно возобновляются сосной и березой бородавчатой, на которых количество подроста в возрасте 8—10 лет достигает до 40 тысяч штук на *га*.

Хорошо процессы возобновления проходят в папоротниковом сосняке, занимающем в южной части правобережного Полесья дно небольших оврагов и балок со свежими супесчаными почвами (табл. 3). Под пологом насаждений количество сосны изменяется от 35,6 до 48,0 тысяч штук на 1 *га* в возрасте преимущественно от 1 до 10 лет, редко старше.

В орляковом сосняке количество подроста сосны варьирует в незначительном количестве — от 3 400 до 6 200 шт. на 1 *га* в возрасте, главным образом, от 1 до 15 лет. Его распределение под пологом насаждений по высоте и возрасту приводится в таблице 4.

Таблица 1

Распределение подроста по возрасту и высоте в брусничниковом сосняке

№ по порядку	Состав, возраст и сомкнутость крон	Порода	Высота (в *см*)	Возраст 1—2	3	4	5	6—10	11—15	16—20	21—25	Всего на 1 *га*
1	10С (65) 0,7	Сосна	5	15000	—	—	—	—	—	—	—	72000
			8	—	21600	—	—	—	—	—	—	
			12	—	—	14000	—	—	—	—	—	
			17	—	—	—	11400	—	—	—	—	
			26	—	—	—	—	6000	—	—	—	
			90	—	—	—	—	—	1400	—	—	
			160	—	—	—	—	—	—	2600	—	
		Дуб	—	200	200	—	—	—	—	—	—	400
		Береза бор.	—	—	—	200	—	—	—	—	—	200
2	10С (110) Ед.Д 0,7	Сосна	8	8600	—	—	—	—	—	—	—	59000
			15	—	—	42400	—	—	—	—	—	
			32	—	—	—	—	4200	—	—	—	
			150	—	—	—	—	—	2600	—	—	
			220	—	—	—	—	—	—	1200	—	
		Дуб	—	600	—	1000	—	—	—	—	—	1600
		Береза бор.	—	—	—	800	—	1000	—	—	—	1800
3	10С(80) Ед.Д(70) 0 6	Сосна	7	10600	—	—	—	—	—	—	—	56800
			12	—	22600	—	—	—	—	—	—	
			15	—	—	10200	—	—	—	—	—	
			20	—	—	—	8600	—	—	—	—	
			30	—	—	—	—	4800	—	—	—	
		Дуб	—	600	800	200	200	200	—	—	—	2000
4	10С(115) Ед.Д 0,7	Сосна	6	18600	—	—	—	—	—	—	—	29600
			12	—	6400	—	—	—	—	—	—	
			18	—	—	3200	—	—	—	—	—	
			21	—	—	—	1400	—	—	—	—	
5	10С (100) 0,7	Сосна	10	—	5600	—	—	—	—	—	—	27800
			60	—	—	—	—	2200	—	—	—	
			90	—	—	—	—	—	4200	—	—	
			170	—	—	—	—	—	—	8800	—	
			240	—	—	—	—	—	—	—	7000	
		Дуб	—	—	800	—	—	—	—	—	—	800
		Береза бор.	—	—	200	—	—	400	200	—	—	800
6	10С (105) 0,7	Сосна	32	—	19600	—	—	—	—	—	—	23400
			50	—	—	—	—	1000	—	—	—	
			170	—	—	—	—	—	2000	—	—	
			210	—	—	—	—	—	—	600	—	
			250	—	—	—	—	—	—	—	200	
		Дуб	—	—	200	—	—	800	—	—	—	1000
		Береза бор.	—	—	200	—	—	1000	—	—	—	1200

Таблица 2

Распределение подроста сосны по высоте и возрасту в овсяницево-брусничниковом сосняке

№ по порядку	Состав, возраст и сомкнутость крон	Порода	Высота (в *см*)	Возраст 1—2	3	4	5	6—10	11—15	16—20	Всего
1	I яр. 10С (115) 0,7 II яр. 10Д (60) 0,1	Сосна	24	—	4200	—	—	—	—	—	9200
			40	—	—	—	—	2400	—	—	
			130	—	—	—	—	—	—	400	
			190	—	—	—	—	—	2200	—	
		Дуб	—	—	800	—	—	1000	600	—	2400
2	I яр. 10С (105) 0,6 II яр. 10Д (60) 0,1	Сосна	25	—	4400	—	—	—	—	—	8800
			35	—	—	—	1200	—	—	—	
			120	—	—	—	—	1400	—	—	
			300	—	—	—	—	—	1600	—	
			600	—	—	—	—	—	—	200	
		Дуб		—	400	—	—	600	—	—	1000
3	I яр. 10С (120) 0,4 II яр. 10Д (60) 0,1	Сосна	8	400	—	—	—	—	—	—	7000
			15	—	800	—	—	—	—	—	
			19	—	—	1600	—	—	—	—	
			24	—	—	—	600	—	—	—	
			45	—	—	—	—	800	—	—	
			140	—	—	—	—	—	1000	—	
			240	—	—	—	—	—	—	1800	
		Дуб		400	600	400	200	—	—	—	1600
		Береза бор.		—	200	—	200	—	—	—	400

Таблица 3

Распределение подроста сосны по высоте и возрасту в папоротниковом сосняке

№ по порядку	Состав, возраст и сомкнутость крон	Породы	Высота (в *см*)	Возраст 1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	Всего на 1 *га*
1	I яр. 10С (105) 0,7 II яр. 10Д (60) 0,1	Сосна	10	21800	—	—	—	—	48000
			35	—	21000	—	—	—	
			80	—	—	2400	—	—	
			160	—	—	—	1600	—	
			235	—	—	—	—	1200	
		Дуб		200	400	—	—	—	600
		Береза бор.			600	400	—	—	1000
2	I яр. 10С (65) 0,6 II яр. 10Д (65) 0,1	Сосна	12	18200	—	—	—	—	35600
			40	—	6400	—	—	—	
			80	—	—	4000	—	—	
			150	—	—	—	3800	—	
			240	—	—	—	—	3200	
		Береза бор.		200	400	200	—	—	800

Таблица 4

Распределение подроста сосны по высоте и возрасту в орляковом сосняке

№ по порядку	Состав, возраст и сомкнутость крон	Порода	Высота (в *см*)	Возраст 1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	Всего на 1 *га*
1	10С (115) 0,8	Сосна	20	200	—	—	—	—	
			80	—	—	1800	—	—	
			160	—	—	—	3600	—	6600
			220	—	—	—	—	1000	
		Дуб		—	400	—	—	—	400
2	10С (115) 0,7	Сосна	200	—	—	—	2000	—	6200
			300	—	—	—	—	4200	
		Дуб		800	—	—	—	—	800
3	10С (110) 0,7	Сосна	22	400	—	—	—	—	
			38	—	600	—	—	—	
			150	—	—	200	—	—	4200
			180	—	—	—	2400	—	
			230	—	—	—	—	600	
4	10С (115) 0,7	Сосна	40—300	2600	—	—	200	1200	4000
		Дуб	—	400	—	—	—	—	400
5	10С (90—100) 0,6	Сосна	20	600	—	—	—	—	
			40	—	600	—	—	—	
			100	—	—	200	—	—	3400
			150	—	—	—	1400	—	
			240	—	—	—	—	600	

Подрост сосны под пологом насаждений черничникового сосняка встречается в значительном количестве в возрасте 2—20 лет с примесью березы бородавчатой и дуба в виде торчков. На лесосеках здесь естественное возобновление хорошо проходит сосной с примесью бородавчатой березы, реже одной березой.

Благодаря сильно развитому подлеску подрост сосны под пологом насаждений рододендронового сосняка почти совершенно не встречается. После вырубки сосны рододендрон — азалея (Rhododendron luteum) еще сильнее разрастается и образует сомкнутые заросли, которые заглушают подрост сосны и препятствуют ее возобновлению. Поэтому для содействия естественному возобновлению сосны здесь необходимо уничтожать подлесок из рододендрона.

Группа долгомошниковых сосняков в украинском Полесье развита слабо и спорадически встречается в северной и южной частях правобережья на лишенных стока понижениях с сильно увлажненными дерново-подзолистыми супесчаными почвами, характеризуется сплошным моховым покровом из кукушкина льна с близким залеганием грунтовых вод. Она представлена сосняком черничниково-долгомошниковым II класса бонитета, багульниково-долгомошниковым III класса бонитета, молиниево-долгомошниковым III класа бонитета и голубично-долгомошниковым III/IV класса бонитета, отличающихся между собой производительностью и характером травяного покрова.

В группе долгомошниковых сосняков процессы возобновления проходят удовлетворительно, т. к. здесь увлажнение почвы является хорошим, моховой покров имеет небольшую мощность.

В сосняке молиниево-долгомошниковом процесс возобновления как под пологом, так и на вырубках происходит хорошо. Под пологом насаждений черничниково-долгомошникового сосняка встречается сосна в количестве 37 тыс. штук на 1 *га* в возрасте преимущественно до 5 лет. Следует отметить, что всходы сосны приурочены главным образом к местам, лишенным сплошного мохового ковра.

В багульниково-долгомошниковом сосняке в подросте в значительном количестве встречается береза бородавчатая высотой 1—2 *м* в возрасте 5—15 лет.

Сфагновые сосняки широко распространены в северной части правобережного и центрального Полесья, где занимают значительные площади в пониженных частях рельефа с торфяно-глеевыми почвами, подстилаемыми песками. Характерной особенностью этих сосняков является небольшая производительность их, травяной покров, состящий из представителей болот, и сплошной моховой ковер из сфагнумов. Наиболее распространенными типами сфагновых сосновых лесов будут: багульниково-сфагновый III класса бонитета, ситниково-сфагновый IV класса бонитета, молиниево-сфагновый V класса бонитета и пушицево-сфагновый V класса бонитета, отличающиеся друг от друга производительностью, травяным покровом, мощностью торфяного слоя и др. признакам. Возобновление в этих типах леса проходит крайне неудовлетворительно, ввиду мощно развитого сфагнового покрова.

Сложные сосняки более широко распространены в южной части украинского Полесья. Они занимают богатые дерново-слабоподзолистые песчаные и супесчаные почвы с хорошо выраженным гумусовым горизонтом, часто на некоторой глубине пески подстилаются суглинками.

По производительности эти насаждения относятся к I, $I^а$ и даже $I^б$ классам бонитета. Характерной особенностью этой группы типов сосновых лесов является высокая производительность насаждений, хорошо развитый второй ярус из дуба, граба или подлесок из лещины, редкий травяной и моховой покров.

Они представлены следующими типами: сосняком грабово-черничниковым I класса бонитета, сосняком дубово-лещиновым $I^а$ класса бонитета, сосняком дубово-ракитниковым I класса бонитета, сосняком дубово-орляковым $I^а$ класса бонитета, сосняком дубово-черничниковым $I/I^а$ класса бонитета и сосняком лещиново-орляковым $I/I^а$ класса бонитета.

Из них наиболее распространенными являются сосняки со вторым ярусом или подлеском из дуба, остальные типы имеют ограниченное распространение.

В сосняке грабово-черничниковом под пологом насаждений в подросте встречается только дуб и граб. Вследствие сильной затененности подрост сосны совершенно отсутствует под пологом насаждений. В результате вырубки сосны здесь происходит смена сосны грабом.

В дубово-лещиновом сосняке под пологом насаждений подрост сосны обычно отсутствует или же встречается в незначительном количестве — до 1600 шт. на 1 *га* в возрасте 1—5 лет, подрост дуба встречается в количестве 800—4000 шт. в возрасте 3—10 лет, на некоторых пробах имеется подрост липы и клена остролистного (табл. 5).

Небольшое количество всходов объясняется значительным затенением двухярусным древостоем и подлеском из лещины.

В дубово-орляковом сосняке количество подроста под пологом насаждений является незначительным. Распределение его приводится в таблице 6.

Таблица 5

Распределение подроста по высоте и возрасту в дубово-лещиновом сосняке

№ по порядку	Состав, возраст и сомкнутость крон	Порода	Возраст								Всего на 1 *га*
			1—2	3	4	5	6—10	11—15	16—20	21—25	
1	I яр. 10С (120) 0,8 II яр. 10Д (70) 0,3	Дуб	—	—	200	600	400	400	—	—	1600
		Клен остр.	—	—	600	1000	1400	400	200	—	3600
		Липа	—	—	—	—	—	200	200	—	400
2	I яр. 10С (120) 0,7 II яр. 10Д (70) Ед Ил Гр 0,2	Сосна	—	200	400	—	—	—	—	—	600
		Дуб	—	—	200	400	200	—	—	—	800
3	I яр. 10С (120) 0,7 II яр. 10Д (70) 0,2	Дуб	—	400	—	—	200	—	—	—	600
4	I яр. 10С (110) 0,6 II яр. 10Д Ед Гр Л Ил (65) 0,6	Липа	—	—	—	—	—	400	—	—	400
		Дуб	—	—	—	400	1200	1600	600	200	4000
5	I яр. 10С (105) Ед Б бор. Ос 0,6 II яр. 10Д (70) Ед Л Кл 0,5	Дуб	—	—	—	400	400	200	—	—	1000
6	I яр. 10С (105) Ед Б бор. 0,6 II яр. 10Д (60) Ед Л Ил 0,5	Сосна	400	200	—	—	—	—	—	—	600
		Дуб	400	400	—	1000	200	—	—	—	2000

В дубово-ракитниковом сосняке под пологом леса возобновление сосны происходит плохо.

В дубово-черничниковом сосняке в подросте, как правило, отсутствует сосна, довольно часто встречается береза бородавчатая, реже пушистая 0,5—1,0 *м* высоты в возрасте 5—10 лет.

Часто после вырубки этих насаждений можно наблюдать чрезвычайно обильное развитие подлеска из орешника, ломкой крушины, рябины, образующих густые заросли. Над кустарниками изредка возвышаются одиночные семенники сосны, оставленные для возобновления сосны, но не играющие никакой роли в появлении всходов сосны.

ВЫВОДЫ

Процессы возобновления в сосновых лесах украинского Полесья под пологом насаждений зависят от типов сосняков, а также состава и сомкнутости древостоев. Наилучшее возобновление наблюдается в следующих типах зеленомошниковых сосновых лесов: брусничниковом, вересковом, зеленомошниковом, папоротниковом и черничниковом, удовлетворительное в орляковом сосняке. Плохо процесс возобновления происходит

под пологом насаждений и на лесосеках в рододендроновом сосняке. Краткопроизводные типы леса, возникшие в результате хозяйственной деятельности человека, как-то: бруснично-овсяницевый, овсяницевый имеют незначительное количество подроста.

Таблица 6

Распределение подроста сосны по высоте и возрасту в дубово-орляковом сосняке

№ по порядку	Состав, возраст и сомкнутость крон	Порода	Высота (в *см*)	Возраст									Всего на 1 *га*
				1—2	3	4	5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	
1	I яр. 10С (95) 0,6 II яр. 10Д (50) 0,5	Сосна	4	200	—	—	—	—	—	—	—	—	12400
			8	—	4800	—	—	—	—	—	—	—	
			12	—	—	4800	—	—	—	—	—	—	
			15	—	—	—	2200	—	—	—	—	—	
			32	—	—	—	—	400	—	—	—	—	
		Дуб	—	—	—	—	800	—	—	—	—	—	800
2	I яр. 10С (100) 0,7 II яр. 10Д (60) 0,4	Сосна	—	—	—	400	—	—	—	1200	3400	—	5000
		Дуб	—	—	—	—	—	600	400	1000	2000	400	4400
3	I яр. 10С (110) 0,5 II яр. 10Д (60) 0,7	Сосна	20	—	1200	—	—	—	—	—	—	—	3400
			140	—	—	—	—	—	400	—	—	—	
			210	—	—	—	—	—	—	800	—	—	
			300	—	—	—	—	—	—	—	1000	—	
		Дуб	—	—	200	—	—	600	—	—	—	—	800
4	I яр. 10С (105) 0,7 II яр. 10Д (30) 0,6	Сосна	14	—	—	1600	—	—	—	—	—	—	3400
			40	—	—	—	—	1600	—	—	—	—	
			150	—	—	—	—	—	200	—	—	—	
		Дуб	—	—	1200	—	—	800	3600	—	—	—	5600
5	I яр. 10С (110) 0,7 II яр. 10Д (70) 0,4	Сосна	7—15	—	800	200	—	—	200	200	—	—	1400
		Дуб	—	—	—	400	1200	1400	1400	600	—	—	5000
6	I яр. 10С (115) 0,7	Сосна	20	—	400	—	—	—	—	—	—	—	1000
			80	—	—	—	—	200	—	—	—	—	
			150	—	—	—	—	—	200	—	—	—	
			210	—	—	—	—	—	—	200	—	—	
		Дуб	—	—	—	—	—	—	1600	400	—	—	2000
7	10С (100) 0,7	Сосна	6—12	—	400	400	—	—	—	—	—	—	800
		Дуб	—	200	200	400	200	—	—	—	—	—	1000
8	I яр. 10С (100) 0,7 II яр. 10Д (70) 0,5	Сосна	5	400	—	—	—	—	—	—	—	—	400
		Дуб.	—	400	200	200	400	1200	200	—	—	—	2600
9	10С (100) 0,6 Ед Д	Дуб	—	600	400	—	—	—	—	—	—	—	1000

В долгомошниковых сосняках возобновление сосны проходит удовлетворительно, а сфагновых — плохо, ввиду сильно развитого сфагнового покрова.

Слабо проходит процесс возобновления сосны в лишайниковых и некоторых сложных сосняках, как, например, в грабово-черничниковом, дубово-лещиновом.

На лесосеках в группе лишайниковых сосняков возобновление происходит только сосной. В группе зеленомошниковых сосняков вырубленные участки занимаются сосной с значительной примесью березы бородавчатой. Особенно хорошее возобновление наблюдается в вересковом сосняке. Возобновление сосны на лесосеках во всех сложных сосняках проходит удовлетворительно за исключением дубово-лещинового, дубово-ракитникового и грабово-черничникового сосняков, в последнем происходит смена сосны грабом. Лесосеки других типов этой группы обильно покрываются смесью дуба с березой и осиной на свежих дерново-подзолистых супесчаных почвах. На вырубках иногда получает развитие подлесок из орешника и других кустарников. Подрост сосны под пологом насаждений большей частью имеет возраст 1—5 лет, в более старом возрасте он начинает усиленно гибнуть в результате конкуренции с материнским пологом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Е. В., Типы украинского леса, Правобережье, изд. II, Киев, 1928.
2. Бондарчук В. Г., Геоморфология УССР, Киев, 1949.
3. Вернандер Н. Б., Годлин М. М., Самбур Г. Н., Скорина С. А., Почвы УССР, Киев, 1951.
4. Поварніцин В. О., Лісова рослинність поліської частини Ровенської області, Ботан. журн. АН УРСР, XII, 1, 1955.
5. Поварницын В. А., Лесная растительность Украинского Полесья и пути повышения ее производительности. Конференция по вопросам развития производительных сил Полесья Украинской ССР, Изд. АН УССР, Киев, 1955.
6. Погребняк П. С., Основы лесной типологии, Киев, 1955.
7. Ткаченко М. Е., Общее лесоводство, М. — Л., 1955.
8. Шмідт В. Е., Природне і штучне поновлення в лісах українського правобережного Полісся, Труди з лісової досвідної справи на Україні, вип. VII, Харків, 1927.
9. Шмідт В. Е., Поновлювання в лісах українського лівобережного Полісся, Труди з лісової досвідної справи на Україні, вип. X, Харків, 1928.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. А. БОДРОВ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ПУТИ РАЗРЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С ЭРОЗИЕЙ В РАЙОНЕ КАНЕВСКИХ ДИСЛОКАЦИЙ*

Район Каневских дислокаций стал привлекать внимание лесомелиораторов с самого начала деятельности песчано-овражных партий (1899 г.). О необходимости борьбы с эрозией в этом районе писал Д. Ф. Лисицкий в начале этого века, в двадцатых годах писал Н. А. Розов, в наше время вновь поднимали вопрос проф. С. С. Соболев, проф. А. С. Козьменко, кандидат с.-х. наук М. М. Дрюченко и другие научные работники. Однако внимание, которое до сего времени уделялось лесоводами указанной проблеме, далеко не соответствует ее актуальности.

Широкая общественность мало знакома с этим злостным очагом линейной и плоскостной эрозии, площадью около 200 тыс. *га*, расположенном в центре культурного земледелия и развитой промышленности, недалеко от столицы Украины.

Район Каневских дислокаций больше привлекал внимание гидрологов, геологов и геоморфологов. Список литературы по одному вопросу происхождения этих дислокаций насчитывает не один десяток названий. По этому вопросу писали: В. В. Резниченко, Г. Е. Рябухин, В. Г. Бондарчук, А. П. Коржинский, Р. Р. Выржиковский, Д. Н. Соболев, М. М. Петяев, Н. В. Балуховский и многие другие.

Территория Каневских дислокаций расположена по правому берегу Днепра. Начиная с 87 *км* от г. Киева, она захватила площадь протяженностью около 70 *км*, от с. Трактомирова, Переяслав-Хмельницкого района, Киевской области, до с. Мошно, Черкасского р-на, Черкасской области. С востока эта территория ограничивается Днепром. Среднее расстояние по ширине, с востока на запад, около 30 *км*. Вся эта территория замечательна тем, что здесь имеет широкое развитие явление смещения геологических слоев различных систем. Нарушение геологического строения принимает часто весьма резкие формы, вплоть до залегания более древних слоев над более молодыми. Это смещение вызвало изменение рельефа, придав ему всхолмленный характер. Холмы имеют вид куполообразный, со склонами выпуклой формы и чередуются с чашевидными понижениями, над которыми они возвышаются в большинстве случаев на 50—100 *м*. Высшие точки холмов имеют превышение над уровнем Днепра свыше 150 *м*.

Геологическое строение дислокаций, вследствие смещения геологических слоев, очень сложно. Так, отложения юрской, меловой и третичной

---

* Работа выполнена по материалам автора, двух аспирантов: А. Г. Гайделя и Л. А. Эдлин и двух студентов-дипломантов: Л. Я. Чабана и Н. Т. Мушкало.

системы лежат выше уровня Днепра, часто отложения более старых юрских и сеноманских пород покрывают более молодые четвертичные флювиогляциальные пески.

Как видно из описаний геологических пластов, вскрываемых овражными системами, на первом месте стоит лесс, на втором — пески и на третьем — глины. Таким образом, здесь создаются особо благоприятные условия для развития процессов эрозии. Этому же способствует и климат района. Годовое количество осадков 530 *мм*, из которых 266 *мм*, т. е. половина, выпадает в мае, июне, июле и августе, причем большинство последних выпадает в виде ливней. Интенсивность дождей в вегетационный период в обычный год характеризуется следующим нисходящим рядом: 60, 43, 23, 19, 16, 15 *мм*. Весенний сток незначительный, в связи с малой величиной снегового покрова. Средняя годовая температура +7°. Годовое отношение осадков к испаряемости близко к 1,0.

Таким образом, здесь мы имеем очень благоприятные условия для произрастания естественной растительности и в первую очередь лесной. На территории Каневских дислокаций сохранились замечательные дубово-грабовые массивы, покрывающие нагорный правый берег Днепра. К сожалению, они являются редким исключением. К ним относятся заповедник «Могила Т. Г. Шевченко», с площадью 649 *га*, и примыкающий к нему заповедник Киевского государственного университета, с площадью 1170 *га*. По этим остаткам высокопроизводительных защитных дубрав можно судить о былом зеленом лесном могуществе полугорной территории дислокаций. Нам пришлось в разговоре с местными старожилами (с. Хмельное, с. Григоровка) слышать о том, что в конце прошлого столетия они еще были очевидцами рубки последних вековых гигантов дуба и ясеня, на некоторых пнях которых могла помещаться телега. Образование почвенного покрова в прошлом здесь было связано также с лесной растительностью. Темно-серые лесные почвы и оподзоленные черноземы, с мощностью гумусового горизонта до 50—60 *см*, после последующего многолетнего использования перешли в смытые светло-серые и серые оподзоленные почвы.

На территории Каневских дислокаций в исключительной степени развиты процессы эрозии. Здесь можно встретить овражные системы, перерезающие земли нескольких колхозов. Так, главный ствол Трактомировского оврага уходит на 15 *км*, Букринского—12 *км*, Иванковского —9 *км*. Многие вершины оврагов подошли или подходят к водоразделу. Нередко здесь сливаются вершины двух противоположно растущих овражных систем или двух отвержков одной системы, перерезающих водораздел. Вот краткое описание большого оврага «Хмельнянский», расположенного в 15 *км* южнее Канева, на землях колхоза «Переможец». Этот овраг еще в 1926 г. имел 477 рукавов и 23 главных отвержка. В настоящее время число рукавов перевалило за 500. Общий периметр оврага около 150 *км*; на каждый километр периметра здесь приходится 56 вершин, а на весь периметр— 8420 вершин, из них 2780, или одна треть, — действующих.

Ежегодный прирост оврага по нашим исчислениям составляет 3,3 *га*, с общим выносом 132 тыс. *куб. м* грунта. Кроме того, с водосборной площади смывается около 20 тыс. *куб. м*, итого через овраг выносится ежегодно 152 тыс. *куб. м*, из которых на овражные выносы приходится 83%. На смыв почвы приходится всего 17%, однако в переводе на абсолютный показатель это дает весьма внушительную цифру, 20 *куб. м* с *га*.

Изрезанность территории оврагами здесь достигает максимальных размеров. Густота овражной сети доходит до 5—6 и даже 7 *км* на 1 *кв. км* как, например, на территории колхоза им. Шевченко, с. Григоровка. Из

3200 *га*, находящихся в пользовании этого колхоза, всего 720 *га* приходится на пахотные угодья. Овраги изрезали все угодья на рваные клочки, придав им ажурный вид.

В действующих оврагах на территории Каневских дислокаций во время летних ливней бушуют потоки жидкой грязи, выносящие так называемые «катуны» — шаровидные комья уплотненной глины диаметром 0,5—0,7 *м*. Иногда диаметры «катунов» достигают одного и даже двух метров. Таким образом, мы здесь имеем явление скорее селевых потоков, чем обычных дождевых ручьев, свойственных равнинным местностям. Нам пришлось в августе 1952 г. наблюдать один из таких потоков после ливня в продолжении 40 минут, давшего около 25 *мм* осадков. Поток забушевал через 20 минут после начала ливня. Он выбрасывался в Днепр оврагом, пересекающим село Григоровку, с водосборной площадью в 250 *га*. Интенсивный сток продолжался час с лишним. Средний расход составил около 10 *куб. м* в 1 сек. Мутность потока была 0,429 $т/м^3$. Этот поток вынес в Днепр 16,2 тыс. тонн ила, из них около 12 тыс. тонн пришлось на овражные наносы и 4,2 тыс. тонн на смыв водосбора.

В 1954 г. наблюдения над выносами из этого оврага в период ливня были повторены. Ливень был продолжительностью 35 минут с интенсивностью около 30 *мм/час*. Средний расход потока был в 8 *куб. м* в 1 сек. Общая масса потока составила 28 800 *куб. м*, с мутностью 0,27 $т/м^3$. В Днепр было вынесено 7776 *т* ила.

В период ливней плоскостной смыв достигает в особенности огромных размеров на вспаханных, не покрытых растительностью площадях. После ливня в 1952 г. со склона в 10—16°, вспаханного Каневской ЛЗС под приовражные лесные полосы, смыв почвы составил 114 *куб. м* с 1 *га*. При вспашке вдоль склона смыв увеличился до 372 *куб. м* с 1 *га*. При вспашке, с последующей культивацией, смыв увеличивается еще больше. Так, при культивации вдоль склона даже при склоне в 7° смыв с 1 *га* достиг 325 *куб. м*.

При менее интенсивном ливне в 1954 г. с обычных склонов, не превышающих 10°, при поперечной пахоте, смыв почвы составлял 20—25 *куб. м* с 1 *га*.

Выносы из оврагов Каневских дислокаций поступают в Днепр и его приток Рось, причем непосредственно в Днепр поступают выносы из северной, наиболее эродированной части дислокаций. В результате на этом перегоне имеются 8 перекатов:

Батуринский	с глубиной	1,25 — 1,6 *м*
Зарубинский	»	1,25 — 1,7 »
Григоровский	»	1,1 — 1,7 »
Бучакский	»	1,2 — 2,0 »
Тальбергский	»	1,3 — 2,2 »
Селищанский	»	1,1 — 1,6 »
Руднянский	»	1,4 — 2,4 »
Каневский	»	1,2 — 2,8 »

Объем землечерпальных работ только на одном третьем Селищанском перекате составил в 1949 г. — 85 391 $м^3$, в 1950 г. — 87 369 $м^3$, в 1951— 118 035 $м^3$, в 1952 г. — 222 056 $м^3$.

В период прохождения ливней мутность воды в Днепре резко повышается, в особенности она становится высокой в период сильных дождей, захватывающих всю территорию дислокаций. Нам пришлось наблюдать

Днепр с парохода в один из таких дней; это было 11.VIII 1955 г., после сильного и длительного дождя, начавшегося ночью и продолжавшегося с небольшими перерывами до 3 часов дня. Пароход шел вверх. Не доезжая до Канева километров 25, мы попали в полосу воды бежевого цвета; вода резко изменила не только цвет, она загустела, это чувствовалось по характеру волнения, потяжелела и уже не плескалась так игриво. Ни в умывальниках, ни в кипятильниках пользоваться водой нельзя было. Наблюдения над отстойником показали, что мутность воды была близка к 13 *кг/куб. м.* Такая мутность была до тех пор, пока мы не выехали из района дислокаций. Если учесть, что в это время средний расход воды в Днепре составлял 1550 $м^3/сек$ и что мутность определялась в поверхностном слое воды, то можно считать, что Днепр принял в себя с территории дислокаций не менее 1100 тыс. $м^3$ ила. Это составляет, примерно, $^2/_3$ всех выносов из овражных систем, остальная $^1/_3$ задержалась в поймах р. Рось и ее притока — р. Россавы.

Противоэрозионные мероприятия на территории Каневских дислокаций стали проводиться с 1904 г.

Наиболее широкие работы были проведены в период 1930/38 гг.

Из применявшихся мероприятий необходимо отметить: 1) облесение приовражий; 2) облесение дна оврага и конусов выноса; 3) облесение склонов оврага; 4) облесение конусов выноса; 5) устройство лотков и донных запруд; 6) устройство водосборных и водоотводных валов; 7) устройство защитных земляных дамб у конусов выноса.

В период Отечественной войны большинство гидротехнических сооружений вышло из строя и значительная часть лесонасаждений была расстроена.

Одни лесомелиоративные насаждения, которые создаются в настоящее время вокруг оврагов и балок, цели не достигают. Они должны дополняться водосборными валами и канавами. Часто их делают недостаточно широкими, в особенности там, где развиты ложбины, подводящие воду к овражной сети. В связи с этим очень развиты береговые размывы в виде густой серии отвержков, до 20—30 на 1 *км* периметра оврага. Поэтому здесь необходимо ширину приовражных полос доводить до 40—50 *м* и конструкцию их в водопроводящих ложбинах приближать к типу кольматирующих насаждений — фильтров. С этой целью густоту посадки в рядах необходимо увеличивать вдвое. Это будет способствовать укреплению ложбин, снижению скорости воды и частичному переводу ее в почвогрунт.

На водоподводящих тальвегах к основным вершинам оврага следует создавать лесомелиоративные насаждения — фильтры. Срединную часть ложбин, захватывающую несколько большую часть, чем смоченный периметр при максимальном стоке, следует обсаживать кустарниками: ивами, золотистой и черной смородиной, лещиной, свидиной, бирючиной и др. Для большего кущения их следует сажать гуще, через 30—40 *см* в ряду и затем периодически срубать на пень. Густая сеть кустарников резко сократит скорость текущей воды и будет способствовать явлению кольматажа — очищению воды от взмученных частичек почвы и грунта. Непахотноспособные склоны водоподводящих тальвегов выше кустарников следует облесять по обычному древесно-кустарниковому типу культур. Чтобы иметь достаточный эффект от этих насаждений, необходимо их создать по длине тальвегов не менее чем на 50 *м*.

В довоенный период применявшиеся лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия давали значительную эффективность. Так, овраг Гниловод, разъедавший водосбор 370 вершинами и ежегодно выносивший

31 тыс. *куб м.* твердого стока, прекратил свою разрушительную деятельность и перестал заносить лессом сенокосные угодья и сады с. Конончи. Это было достигнуто применением лесомелиоративных мероприятий в комплексе с гидротехническими, созданием лесомелиоративных насаждений вместе с водосборными и водоотводными валами и канавами в приовражье и облесением склонов оврага. Однако жидкий сток, хотя и в уменьшенном размере, продолжался. Причиной этого явления было отсутствие внимания к задержанию влаги на водосборе агротехническими мероприятиями. К сожалению, полное отсутствие ухода за гидротехническими сооружениями привело к их разрушению и возобновлению деятельности уже закрепленных оврагов. В послевоенный период облесительные работы были развернуты значительно шире. Однако никакие гидротехнические сооружения не устраивались и даже старые не ремонтировались. Поэтому эрозия не только не уменьшалась, а наоборот увеличивалась и продолжает увеличиваться.

В настоящее время имеются все возможности покончить с этим злом раз и навсегда. С этой целью следует применить следующие мероприятия.

1. В основу организации территории следует положить принципы разделения ее на участки, в соответствии с характером эксплуатации их и способов борьбы с эрозией. Направление сельского хозяйства в колхозах должно устанавливаться в соответствии с рациональным использованием земель. Здесь должны иметь большой удельный вес лесомелиоративные и садовые насаждения, плантации лесных технических культур и травосеяние. Госпоставки с пахотноспособных площадей должны взиматься с учетом качества их и затрачиваемых средств и труда на их мелиорацию.

2. Агротехнические приемы выращивания сельскохозяйственных, садовых и лесомелиоративных насаждений должны применяться с возможностью максимального задержания жидкого и твердого стока. Помимо глубокой пахоты и обработки почвы поперек склонов, должны найти широкое применение специальные влагозадерживающие приемы: контурная и гребнистая вспашка, листерование, щелевание и др.

3. Из гидротехнических сооружений самое широкое распространение должны получить старые проверенные способы: водозадерживающие валы и канавы типа Борткевича или Новосильской опытной станции. Эти работы легко механизировать и быстро осуществить на значительной площади.

4. Лесомелиоративные насаждения должны создаваться с учетом рельефа и водотоков. Здесь должны найти применение следующие виды лесомелиоративных насаждений: водорегулирующие лесные полосы на водосборе, приовражные и прибалочные лесные полосы, лесомелиоративные насаждения по склонам оврагов и балок, лесомелиоративные насаждения по водоподводящим тальвегам и обсадка днищ оврагов и балок и конусов выноса.

Кафедрой лесной мелиорации Украинской сельскохозяйственной академии на территории колхоза им. Шевченко поставлены опыты по подбору наиболее устойчивых лесных пород для противоэрозионных насаждений.

По предварительным данным, для светло-серых смытых почв, подстилаемых лессом, на склонах южных экспозиций в 10° и выше, дуб вводить в культуры нецелесообразно, в этих условиях остаются лучшими породами акация белая и лох узколистный.

Прирост по высоте на втором году жизни на склонах около 10°, при тракторной подготовке почвы бороздами, характеризуется следующими данными.

Название пород	Прирост по *h* на склоне западной экспозиции (в *см*)	Прирост по *h* на склоне южной экспозиции (в *см*)
Дуб посадкой	3,7	0,8
Дуб посевом	3,5	1,0
Акация белая	36,5	18,8
Акация желтая	0,5	0,0
Гледичия	0,6	1,5
Ясень зеленый	7,5	3,4
Лох узколистный	36,2	19,8
Берест	3,7	6,5

Из приведенных данных: дуб, акация желтая, гледичия, а из других проб: лиственница, айлант, ясень обыкновенный, бархат амурский на смытых почвах с гумусовым горизонтом до 10 *см* (распространенные почвы, отводимые под лесные насаждения в условиях Каневских дислокаций) не оправдали себя. Из древесных пород лучшими оказались: белая акация, берест, ясень зеленый, на северных экспозициях — береза бородавчатая, на супесчаных почвах — сосна обыкновенная. Из кустарников необходимо отметить лох узколистный, терн, клен татарский, свидину, частично жимолость татарскую, а также следует широко рекомендовать скумпию, которая здесь, к сожалению, совсем не вводилась. На почвах средней и слабой смытости должны найти широкое применение плодовые породы, в первую очередь косточковые: слива, вишня, черешня, алыча. На более глубоких почвах — орех грецкий, лещина, яблоня и груша.

Все указанные мероприятия могут дать высокий эффект только при условии правильного их применения. С этой целью необходимо провести специальные обследовательские работы, на основе которых составить обоснованные проекты. Было бы целесообразно организовать здесь опытную лесную противоэрозионную станцию, задача которой состояла бы в усовершенствовании методов борьбы с эрозией и осуществлении их в производстве, с последующим внедрением во все районы Каневских дислокаций и соседние области правобережья Днепра.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

П. Г. КАЛЬНОЙ,
кандидат сельскохозяйственных наук

ВЛИЯНИЕ ВЛАГОЗАРЯДКОВЫХ ПОЛИВОВ НА РОСТ СЕЯНЦЕВ ШЕЛКОВИЦЫ БЕЛОЙ

В степных государственных лесомелиоративных питомниках орошение посевов имеет исключительно большое значение.

При орошении значительно увеличивается выход стандартных сеянцев с единицы площади и повышается их качество.

На юге УССР лесопитомники, как правило, имеют источники орошения с дебитом, не обеспечивающим своевременный полив посевов в вегетационный период. В силу этого вызывается необходимость применять осенние влагозарядковые поливы, благодаря которым заранее создаются запасы влаги в почве, позволяющие сокращать вегетационные поливы.

С целью выяснения влияния влагозарядковых поливов на рост сеянцев шелковицы белой нами в 1952—1953 гг. был поставлен опыт на Крымском лесомелиоративном питомнике. Этот питомник расположен на площади 565 *га* в северо-восточной части степной зоны Крымского полуострова, вблизи ж.-д. станции Нижнегорск. Климат этой зоны характеризуется как степной, полусухой, континентальный. Средняя годовая температура воздуха + 9,9°. Сумма осадков в году составляет 371 *мм*, из них за вегетационный период выпадает 206,6 *мм* или 55,7% от годовой суммы.

За май—сентябрь число дней с относительной влажностью ниже 30%, нередко достигает 24. В эти дни резко увеличивается испарение влаги с поверхности почвы и растениями, значительно возрастает процесс дыхания сеянцев, что при недостаточном запасе влаги в почве ведет к распаду пластических веществ, к прекращению роста и завяданию.

Исследования проводились на темно-каштановых слабосолонцеватых почвах, тяжелосуглинистого механического состава, в пахотном горизонте которых содержится гумуса 2,25%, азота — 0,20%, окиси калия 1,8% и фосфорной кислоты 0,10%. Максимальная гигроскопическая влажность достигает 10%.

Опыт ставился на производственных посевах шелковицы белой по четырем вариантам:

1-й вариант — только один осенний (в октябре) влагозарядковый полив при норме 1100 $м^3$ воды на 1 *га*;

2-й вариант — осенний (в октябре) влагозарядковый полив при норме 1100 $м^3$ воды на 1 *га* плюс 3-кратный полив в период большого роста сеянцев: первый полив 15.VII при норме 400 $м^3$ на 1 *га*; второй 18.VIII при норме 450 $м^3$ и третий 7.IX при норме 500 $м^3$ на 1 *га*;

3-й вариант — только 3-кратный полив в период большого роста сеянцев (даты и нормы поливов такие, как и по второму варианту);

4-й вариант — контроль — без осенней влагозарядки и без полива в вегетационный период.

Величина опытного участка по каждому варианту равна 0,25 *га*.

Влагозарядковый и вегетационные поливы посевов производились по бороздам.

По всем выделенным вариантам приемы выращивания сеянцев были аналогичны и заключались в следующем: почва готовилась по системе зяблевой обработки, на глубину 30 *см*. Семена шелковицы II класса к посеву готовились путем намачивания их в комнатной воде до набухания.

Способ посева ленточный 4-строчный, по схеме: 70×20×35×20×70. Посев произведен 26 марта сеялкой СЛ-4 на глубину 1,5 *см*. Норма высева семян 12 *кг/га*. В течение вегетационного периода проводился пятикратный уход за почвой в рядах и междурядиях. Наблюдения велись за влажностью почвы, за ходом роста сеянцев в вегетационный период за валовым выходом и выходом стандартных сеянцев с единицы площади.

Ход роста сеянцев по каждому варианту определялся путем замера высоты стебля и диаметра у корневой шейки через каждые 10 дней, начиная с 20.VII. Выход сеянцев с единицы площади определялся методом конверта. Учету подвергалось не менее 10% сеянцев от общего выхода.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Осенние влагозарядковые поливы увеличивают запас влаги, особенно в подпахотном горизонте почвы, что видно из таблицы 1.

Таблица 1

Влажность почвы (в %) при осеннем влагозарядковом поливе и без полива по состоянию на 26.III

	Влажность почвы (в %) на глубине (в *см*)				
	0—5	10—15	20—25	30—35	50—55
Система зяблевой подготовки почвы с влагозарядковым поливом	22,6	23,5	24,3	26,6	28,1
Система зяблевой подготовки почвы без влагозарядкового полива	20,4	22,4	23,8	21,6	17,5
Превышение в % при влагозарядковом поливе	2,2	1,1	0,5	5,0	10,6

На опытном поле с осенним влагозарядковым поливом весной следующего года в почве на глубине 30—35 *см* влаги содержались больше на 5%, чем без полива, а на глубине 50—55 *см* — на 10%.

Такое преимущество влагозарядкового полива существенно повлияло на время появления массовых всходов и на рост сеянцев в вегетационный период.

На посевах с влагозарядковым поливом массовые всходы появились 18.V, а на посевах без полива 26.V, т. е. на 8 дней позже.

Особенно благоприятно влияет на рост сеянцев влагозарядковый полив в сочетании с вегетационными поливами, приуроченными к периоду интенсивного роста сеянцев. Об этом свидетельствует приведенный график роста сеянцев.

Из графика видно, что в первую половину вегетационного периода лучше росли сеянцы, выращенные с влагозарядковым поливом. Во вторую половину вегетационного периода преимущество в росте сохранилось за

сеянцами, которые выращивались с применением влагозарядкового полива в сочетании с вегетационными поливами.

Сеянцы, выращиваемые только с одним влагозарядковым поливом, с третьей декады августа начали отставать в росте от сеянцев, выращиваемых по второму и третьему вариантам. Это говорит о малой эффективности только одного влагозарядкового полива.

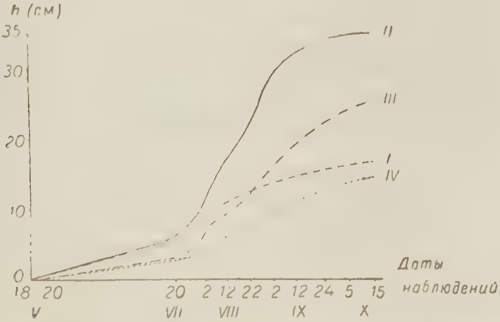


Рис. 1. Кривые хода роста однолетних сеянцев шелковицы белой:

I — влагозарядковый полив, *II* — влагозарядковый полив плюс 3-кратный полив в период большого роста сеянцев, *III* — 3-кратный полив в период большого роста сеянцев, *IV* — контроль.

Соответственно ходу роста сеянцев, который наблюдался в вегетационный период, был получен и выход стандартных сеянцев с единицы площади, что видно из таблицы 2.

Таблица 2

Выход сеянцев шелковицы белой с 1 *га* в зависимости от условий выращивания

Условия выращивания (варианты)	Выход сеянцев с 1 *га* (в тыс. шт.)		
	валовой	стандартных	процент к валовому выходу
I — только один влагозарядковый полив . . .	370	246	66,5
II — влагозарядковый полив с тремя поливами в период большого роста сеянцев . . .	431	401	92,9
III — трехкратный полив в период большого роста сеянцев	166	138	83,3
IV — Контроль	221	69	31,2

Самый высокий выход стандартных сеянцев получен на посевах с выращиванием сеянцев по II варианту, затем по убывающей идут посевы по I, III и IV вариантам. Посевы, выращиваемые по I варианту, в связи с отсутствием поливов в вегетационный период, дали низкий процент стандартных сеянцев по сравнению с валовым выходом. Посевы, выращиваемые по III варианту, имели очень малую густоту стояния.

Низкие показатели по IV варианту говорят о том, что на неорошаемых питомниках нецелесообразно производить посевы шелковицы белой по зяби, так как в этом случае не обеспечивается накопление необходимого количества влаги для хорошего роста сеянцев.

Таким образом, осенний влагозарядковый полив, в условиях Крымского лесопитомника, положительно влияет на посевы только в первую половину

вегетационного периода, а дальше запасы влаги убывают, посевы начинанают изреживаться и плохо расти.

Осенний влагозарядковый полив в сочетании с поливами в вегетационный период влияет весьма положительно на рост сеянцев и дает высокий выход стандартного посадочного материала с единицы площади.

С применением осеннего влагозарядкового полива количество поливов в вегетационный период может быть сокращено до трех.

Трехкратный полив только в период большого роста сеянцев без осеннего влагозарядкового полива не обеспечивает высокий выход стандартного посадочного материала с единицы площади. В этом случае для повышения выхода сеянцев требуется увеличить количество поливов в вегетационный период и производить полив посевов до появления всходов, что при малом дебите источников орошения не представляется возможным осуществить.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. Т. ГАНЖА,
кандидат сельскохозяйственных наук

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГНЕЗДОВЫХ КУЛЬТУР ДУБА В ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ УССР

В нашей стране накоплен большой опыт создания лесомелиоративных насаждений.

На Украине за послевоенные годы были произведены значительные работы по созданию лесных полезащитных полос различными способами, в том числе и гнездовым способом посева дуба.

Вместе с тем во многих районах при создании лесных насаждений были большие неудачи. Причины этих неудач, как отмечают П. Л. Никитин и М. А. Порецкий (ж. «Лесное хозяйство», № 10, 1954), заключаются в следующем:

1) грубом нарушении элементарных приемов агротехники и отсутствии ухода за посевами и посадками леса;

2) неправильном планировании работ по полезащитному лесоразведению, при котором объемы работ колхозов и лесхозов не были увязаны с их возможностями подготовить почву в надлежащие сроки, обеспечить уход за культурами и их охрану от потравы скотом;

3) шаблонном применении инструкции по гнездовому способу посева дуба, без учета почвенно-климатических условий, с ориентацией на возможность вырастить лес в степи без ухода под покровом сельскохозяйственных культур.

Неудачные культуры часто берут в пример, чтобы показать несостоятельность того или иного способа производства их.

Мы считаем, что для правильной оценки результатов любого способа надо брать не те культуры, где допускались грубые нарушения агротехники, а, наоборот, культуры, где основные приемы агротехники строго соблюдались, где производители работ не слепо следовали инструктивным указаниям, а творчески применяли их, учитывая местные условия.

Примером таких культур являются полезащитные лесные полосы на полях колхозов им. Ватутина и им. Фрунзе, Котовского района, а также лесные полосы,созданные Березовским государственным сортоиспытательным участком, Березовского района, Одесской области.

Колхозы им. Ватутина и им. Фрунзе расположены в 17 *км* от районного центра — г. Котовска, на северо-западе Одесской области.

Котовский район характеризуется умеренно-теплым климатом (среднегодовая температура $+8°$).

В районе выпадает в год около 466 *мм* осадков, причем большая половина их приходится на весенне-летний период.

Осадки часто выпадают в виде ливней. Вегетационный период здесь около 200 дней.

Почвы колхозов представлены мощными черноземами различной степени смытости (малосмытые, средне- и сильносмытые).

Наиболее распространенной почвенной разностью являются мощные среднегумусные (малосмытые) черноземы, залегающие на лессе и лессовидных суглинках водоразделов.

Суммарная мощность гумусовых горизонтов колеблется в пределах 75—100 *см*. Таким образом, климатические и почвенные условия Котовского района являются вполне благоприятными для выращивания в полезащитных лесных полосах.

В колхозах им. Ватутина и им. Фрунзе насчитывается свыше 150 *га* полезащитных лесных полос, из них около 80% было создано в 1950 г. путем гнездового посева желудей.

Почва под насаждения, по сведениям Д. Н. Чешурина (Опыт выращивания дуба гнездовым способом, 1952), готовилась по системе зяблевой пахоты на глубину 27—30 *см* и только на немногих участках, предназначенных для посева озимых, — по системе черного пара.

Предпосевная подготовка почвы заключалась в глубокой культивации с последующим боронованием. Перед посевом в лунки вносился навоз-сыпец с суперфосфатом.

Посевы производились хорошо наклюнувшимися (90%) желудями местного сбора. В первый год жизни все полосы с гнездовым посевом дуба находились под покровом разных сельскохозяйственных культур. Как показали наблюдения 1951 г., лучше всего развивались и росли дубки в полосах, широкие междурядья которых были заняты кукурузой, наихудше — под сплошным покровом люцерны. Поэтому, начиная с 1951 (52) года, колхозы в широких междурядьях высевают главным образом кукурузу.

Уход за полосами производился одновременно с уходом за сельскохозяйственными культурами и заключался в следующем. В первый год после посева проводилось 4 рыхления в междурядьях и 3 прополки в рядах. В дальнейшем количество уходов сокращалось. На 1.VII 1955 г. в междурядьях проведено 2 раза рыхление почвы. В рядах насаждения в большинстве случаев сомкнулись и уходов не требовалось.

Сопутствующие и кустарниковые породы в ряды с гнездами дуба и в широкие междурядья вводились путем посадки под лопату весной 1951 и в последующие годы. В настоящее время в большинстве полос требуется ввод сопутствующих и кустарниковых пород.

В отдельных полосах студентами-дипломантами (Пархоменко Н. Р., Соляник А. С.) по нашей методике в июне 1955 г. были заложены пробные площади величиною 0,05 *га*. Результаты измерений на пробных площадях приводятся в таблице 1.

Приведенные данные показывают, что колхозы им. Ватутина и им. Фрунзе добились неплохих показателей роста дуба. Есть основания полагать, что результат был бы еще лучше, если бы в первые годы жизни культуры не находились под сплошным покровом озимых хлебов, а также своевременно были введены сопутствующие и кустарниковые породы.

Сказанное подтверждается опытом создания культур дуба путем гнездового посева желудей на Березовском сортоучастке. Климатические условия здесь значительно хуже. Осадков выпадает всего 350 *мм* в год. Район часто подвержен суховеям. Почвы Березовского района относятся к обык-

повенным черноземам с ясно выраженными чертами перехода к южным черноземам. Глубина гумусового горизонта до 70 *см*.

Таблица 1

Таксационные показатели древесных и кустарниковых пород в полосах колхозов им. Ватутина и им. Фрунзе

№ полос	Порода	Возраст (лет)	Высота (в *м*)			Диаметр у корневой шейки (в *см*)			Прирост за 1955 г. (в *м*)		
			средняя	максимальная	минимальная	средний	максимальный	минимальный	средний	максимальный	минимальный
	Колхоз им. Ватутина										
3	Дуб	6	1,35	2,50	0,58	2,0	5,3	0,5	0,20	0,46	0,10
	Ясень зеленый . .	4	1,10	1,48	0,70	1,4	2,1	0,6	0.20	0,33	0.10
	Скумпия	4	0,79	1,17	0,33				0,12	0,23	0,05
19	Дуб	6	1,37	2,60	0,60	2,0	6,5	0,5	0,23	0,40	0,11
	Ясень зеленый . .	4	1,34	1,82	0,50	1,5	3,6	0,8	0,33	0,40	0,19
	Акация желтая .	5	1,42	2,00	0,97	—	—	—	0.28	0,31	0,20
	Колхоз им. Фрунзе										
6	Дуб	6	1,56	2.40	0,70	2,1	4,2	0,6	0,29	0,40	0,20
	Ясень зеленый . .	5	2,09	2,70	1,10	3,2	4,7	1,6	0,53	0.70	0,40
47	Дуб	6	1,63	2.70	0.95	2,6	6.0	1,0	0,43	0,55	0,20

Лесные полосы на полях сортоиспытательного участка создавались также в 1950 г. Агротехника создания и уход за лесными полосами, по данным записей сортоучастка, заключались в следующем.

Почва под насаждения была вспахана на зябь осенью 1949 г. на глубину 27—30 *см*.

Весной 1950 г., при первой возможности начать весенние полевые работы, зябь бороновали в два следа тяжелыми боронами на тракторной тяге. Посев производился наклюнувшимися желудями на глубину 8—10 *см*. В качестве сопутствующей дубу породы в ряду между гнездами дуба высевался клен остролистный (октябрь 1950 г.). В широких междурядьях в первый год жизни полосы высаживались картофель и бахчевые культуры. Осенью 1950 г., после сбора урожая сельскохозяйственных культур, в широкие междурядья были высеяны кустарники: акация желтая, бирючина, клен татарский и др. Акация желтая взошла еще осенью и зимой 1950/51 гг. вся вымерзла.

Весной 1951 г. отпавшие кустарники были пополнены путем посадки сеянцами. С внешней стороны полоса была обсажена осенью 1950 г. гледичией с целью защиты от повреждения скотом.

В течение лета 1950 г. проведено 6 рыхлений междурядий конным культиватором КК-8 и 8 рыхлений в рядах сапками. При появлении всходов дубков дважды проводилось опыливание гексахлораном (из расчета по 15 *кг* яда на 1 *га*) против песчаного медляка. К концу вегетационного периода 1950 г. средняя высота дубков достигала 27 *см*. Корневая система дубков уже через два месяца достигала глубины 100 *см*. В 1951 г. проведено 5 рыхлений междурядий конным культиватором и 4 рыхления сапками в рядах.

Кустарники и клен остролистный на втором году жизни повреждались вредителями (свекловичным долгоносиком и хрущиком шелковистым), в связи с чем в течение лета проводилось 3 раза опыливание гексахлораном.

В течение лета 1952 г. (на третьем году жизни) на полосе проведено 5 рыхлений междурядий конным культиватором КК-8 и 4 рыхления

сапками в рядах. Этим же летом было произведено выборочное опыливание гексахлораном и опыливание дубков серным порошком из расчета 20 *кг* яда на 1 *га* с целью предотвращения распространения мучнистой росы.

На четвертом году жизни (1953 г.) проведено 3 обработки междурядий и 2 рыхления в рядах. Кроме того, с целью сокращения уходов в междурядьях северная часть полосы площадью 1,08 *га* была замульчирована мятой соломой. На незамульчированной части полосы в 1954 г. проведено одно рыхление междурядий и два рыхления сапками в рядах.

В 1955 г. культуры сомкнулись как в рядах, так и в междурядьях. В гнездах в среднем насчитывалось от 23 до 27 дубков. Культуры имели прекрасный здоровый вид.

Результаты измерений, проведенных в июле 1955 г. на пробных площадях величиною 0,05 *га* (36 гнезд), приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Таксационные показатели древесных и кустарниковых пород в полезащитной полосе Березовского сортоучастка

№ пробной площади	Порода	Возраст (лет)	Высота (в *м*)			Диаметр у корневой шейки (в *см*)			Прирост за 1955 г. (в *м*)		
			средняя	максимальная	минимальная	средний	максимальный	минимальный	средний	максимальный	минимальный
1	Дуб	6	2,35	3,60	1,25	3,1	5,6	1,4	0,58	1,10	0,26
2	Дуб	6	2,74	3,92	1,20	3,7	7,2	1,0	0,61	1,08	0,31
3	Дуб	6	2,72	3,34	1,20	3,6	5,2	1,5	—	—	—
3	Гледичия	6	5,00	6,00	4,00	5,0	8,0	3,0	—	—	—
3	Клен остролистный	6	2,20	3,00	1,00	2,7	4,8	1,5	—	—	—
3	Бирючина	5	1,20	1,55	0,80	—	—	—	—	—	—
3	Бересклет европейский	5	0,90	1,05	0,80	—	—	—	—	—	—

Анализируя все вышеизложенное, не трудно убедиться в том, что при соблюдении хорошей агротехники и надлежащих уходов даже в сравнительно тяжелых почвенно-климатических условиях юга Украины можно создать хорошие насаждения из дуба в довольно короткий срок, хотя дуб и считается медленно растущей древесной породой.

Как показывают данные таблицы 2, здесь дуб в шестилетнем возрасте достигает высоты около трех метров и его нельзя считать медленно растущей породой. Высота лучших дубков в гнездах достигает в шесть лет 3,92 *м*. Средний прирост дуба за неполный вегетационный период 1955 г. превышает полметра.

Особенно хорошим ростом отличается гледичия, высаженная вдоль внешней опушки полосы. Ее высота в шестилетнем возрасте почти в два раза превышала высоту дуба. Характерно, что гледичия, высаженная на расстоянии 1,5 *м* от гнезд дуба, не угнетает в этом возрасте последнего, а, наоборот, является прекрасной породой, защищающей дуб и полосу в целом от повреждения животными.

Принято считать, что создание культур в степи (и особенно культур, заложенных гнездовым способом посева дуба) дорого обходится.

В таблице 3 приводятся данные по отдельным видам затрат на выращивание всей полосы площадью 5,05 *га* в течение пяти лет на Березовском сортоиспытательном участке.

Данные таблицы 3 показывают, что затраты на выращивание 1 *га* лесной полосы (включая затраты на приобретение посевного материала и химичес-

кую борьбу с вредителями) составляют 2081 руб. 31 коп. Если же исключить затраты на химическую борьбу с вредителями, которая проводится не всегда и не везде, то прямой расход на создание 1 *га* лесной полосы, заложенной по гнездовому способу на Березовском государственном сортоиспытательном участке, составит за пять лет 1743 руб. 21 коп.

Таблица 3

Затраты на выращивание полосы площадью 5,05 *га*, созданной по гнездовому способу посева желудей

Виды затрат	Сумма	
	руб.	коп.
А. Затраты на приобретение семян (дуба, клена остролистного, бирючины, акации желтой, бересклета европейского и др.) . .	2646	—
Б. Затраты на хранение семян, подготовку их к посеву, подготовку почвы, маркировку	654	40
В. Затраты на посев желудей	142	76
Г. » » » клена остролистного	111	45
Д. Затраты на посев кустарников	445	80
Е. » на дополнение кустарников	265	
Ж. Затраты по уходу за культурами в течение 5 лет	4537	61
З. Затраты на химическую борьбу с вредителями	1707	62
Итого затрат на всю полосу (5,05 *га*)	10 510	31
На 1 *га*	2 081	46

По данным начальника лесокультурного отдела Главного управления лесного хозяйства и полезащитного лесоразведения Министерства сельского хозяйства УССР т. Шляханова стоимость 1 *га* полезащитных лесных полос выражается следующими цифрами: рядовым способом 1768 руб., срочно-луночным посевом желудей и посадкой остальных пород — 1871 руб., гнездовым с одновременным вводом сопутствующих и кустарниковых пород 2183 руб.

Как показывает опыт Березовского государственного сортоиспытательного участка, гнездовой способ посева желудей дуба здесь оказался по стоимости на 25 руб. дешевле, чем даже рядовая посадка. При этом необходимо учесть, что получить на юге УССР среднюю высоту дубков в шестилетнем возрасте в 2,7 *м* — значит повысить обычные показатели почти в два раза. Из литературных источников (работы Г. Н. Высоцкого, Н. А. Михайлова и др.) известно, что при обычных рядовых посадках средняя высота дубков в докучаевских участках (В.-Анадоль, Каменная степь, Старобельский участок) в этом возрасте колебалась в пределах 1,3—1,8 *м*.

Кроме того, преимуществом гнездового способа против рядовых культур на юге является устойчивость дубков против угнетения: в начале со стороны сорняков, а после сомкнутости — со стороны сопутствующих (и особенно быстрорастущих пород.

Лесокультурникам известно, что вырастить хорошие культуры дуба рядовым способом без дорогостоящих и трудоемких работ по осветлению почти невозможно. При гнездовом же способе эти работы сводятся к минимуму, тем самым компенсируется с избытком некоторое увеличение количества ручных уходов в лентах с гнездами дуба.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Б. И. ЛОГГИНОВ,
профессор

Г. В. ДУБИНИН,
аспирант

ВОПРОСЫ КОРЕННОГО УЛУЧШЕНИЯ (РЕКОНСТРУКЦИИ) ГРАБОВЫХ МОЛОДНЯКОВ

Термином «реконструкция насаждений» охватывается широкий круг мероприятий по улучшению состояния лесных насаждений вплоть до улучшения состава насаждений обычными прочистками и применением рубок ухода. Необходимо ограничить применение этого термина и под реконструкцией понимать лишь коренное изменение состава, состояния или происхождения существующих (растущих) малоценных лесных насаждений. Но и в этом случае законно выражается сомнение в целесообразности сохранения этого малоподходящего термина, даже и при указанном суженном понимании. Ведь у нас давно применяются такие понятия, как пополнение культур и естественных молодняков, частичные культуры, уплотнение насаждений, посадка на пень затравленных молодняков, введение семенного дуба в порослевые дубняки и др., хорошо отражающие смысл применяемых способов «реконструкции», то есть коренного улучшения малоценных насаждений.

На важность рассматриваемого мероприятия уже в давние времена указывалось одним из основоположников русской агрономии и лесоводства А. Т. Болотовым в одной из его работ («Экономический магазин», 1766, глава «О приведении лесов в лучшее состояние или о возобновлении оных»). Но работы по улучшению состояния наших лесов широко развернулись лишь в последнее время, ранее же этому вопросу должного внимания не уделялось. В результате несовершенства ведения лесного хозяйства на значительных площадях произошло обесценение лесов, прежде всего сменой пород в коренных типах леса, особенно в связи с усилением рубок с конца прошлого — начала нынешнего столетия.

Особенно следует отметить превращение ценных сосново-дубовых насаждений суборей в малопродуктивные порослевые дубняки и смену дуба в дубравах на менее ценные породы. В частности, в грабовых дубравах правобережных и западных областей Украины после рубки дуб легко вытесняется грабом и чисто грабовые насаждения занимают в настоящее время значительные площади, составляя, например, в Винницкой области 35% от покрытой лесом площади.

Учитывая важность восстановления грабовых дубрав с господством дуба в I ярусе и граба во II ярусе, кафедра лесных культур * в последние годы проводила соответствующие исследования, частичные результаты

---

* В работах участвовали студенты Ф. Л. Винарчук, В. Г. Мозговой, П. А. Басун и др.

которых по отдельным вопросам коренного улучшения грабняков приводится в настоящей статье.

Необходимость коренного улучшения грабняков первого класса возраста — до 10 лет — не вызывает сомнения, так как легко доказывается, в основном, сопоставлением прироста древесины грабовых и выращенных методом частичных культур дубово-грабовых насаждений, с использованием растущего граба для формирования II яруса. Практикуемое в настоящее время введение дуба и других ценных пород первого яруса в грабняки II класса возраста, с целью их коренного улучшения, сопровождается почти сплошной вырубкой граба на хворост, то есть с обесцениванием существующего насаждения. Почти сплошь вырубается граб здесь потому, что при слишком большой его высоте — более 4—5 *м* — приходится прорубать очень широкие коридоры с последующей вырубкой и кулис, да еще с повторной рубкой поросли для осветления введенного дуба.

Хотя граб после повторных рубок также хорошо возобновляется порослью, но он уже не может образовать такого ценного насаждения II яруса, какое можно вырастить в широких кулисах (при узких коридорах) из всходов семенного возобновления. Учитывая явное обесценивание (порчу) грабовых молодняков свыше 10 лет при введении в них дуба, это мероприятие можно производить лишь после того, как экономическим расчетом будет доказана его выгодность для народного хозяйства. При этом оценка грабового насаждения должна производиться с учетом ценности деловой грабовой древесины и того, что при внимательном правильном проведении рубок ухода в грабовых насаждениях можно значительно поднять выход поделочной древесины по сравнению с теперешним ее выходом, очень низким из-за отсутствия должного ухода в грабняках.

Древесина граба — «украинского самшита», по меткому выражению знатока наших лесов проф. А. В. Тюрина, тяжелая, крепкая и вязкая используется при изготовлении музыкальных инструментов и в машиностроении, особенно широко в текстильном. В настоящее время выход деловой древесины в чистых грабовых насаждениях составляет всего лишь 20—30%, а из деревьев II яруса и того меньше. Объясняется это тем, что граб неправильно считается у нас малоценной породой и при проведении рубок ухода не производится отбор (оставление) лучших его деревьев, а наоборот, они преждевременно вырубаются. В результате этого, несмотря на наличие в грабовых молодняках множества тонких, стройных деревец, со временем качество древостоя резко снижается и спелые насаждения дают главным образом дровяную древесину.

Учитывая ценность граба и желательность наибольшего его сохранения, как компонента будущего насаждения, при введении в грабняки дуба и других пород I яруса коридорным способом рядами следует применять возможно большее расстояние между ними. Это удешевляет работы и меньше обесценивает существующее насаждение прорубкой коридоров. При введении черешчатого дуба расстояние между рядами можно принять в 6 *м*, исходя из достаточности 400 его стволов на 1 *га* в возрасте спелости и допуская овальность развития крон в 6×4 *м*. На основании данных о приросте проекции крон дуба и высоты их прикрепления можно считать, что ветви дуба при указанном расстоянии между его рядами начнут смыкаться над кулисами граба не ранее, чем в 40—50 лет. До этого времени деревья граба будут в той или иной мере пользоваться верховым освещением, в достаточной мере разрастутся, окрепнут и, постепенно попадая в затенение, образуют свойственный грабу устойчивый II ярус.

Для изучения влияния ширины и направления прорубки коридоров

на рост коридорной культуры дуба весной 1954 г. в Гайсинском лесхозе, Винницкой области, в грабовом молодняке высотой 4 *м* были прорублены коридоры широтного и меридионального направлений шириной в 1, 2, 3 и 4 *м* ($^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ и 1 высоты грабового молодняка). Посредине коридоров узкой полосой в 0,5 *м* произведено подновление почвы, а затем посеяны желуди по одному в лунку на расстоянии 40 *см* одна от другой по ряду.

В 1954—1955 гг. почва рыхлилась по 3 раза в год. Ширина полосы рыхления—0,7 *м*. На остальной площади коридоров уход не производился, и она покрылась густой порослью граба.

Таблица 1

Высота сеянцев дуба и диаметр стволика у почвы в коридорах различного направления и ширины

Ширина коридора (в *м*)	Однолетние сеянцы		Двухлетние сеянцы		Прирост за 1955 г. по	
	высота (в *см*)	диаметр стволика (в *мм*)	высота (в *см*)	диаметр стволика (в *мм*)	высоте (*см*)	диаметру стволика (*мм*)
Свежая лесосека						
—	19,0 ± 0,6	6,6 ± 0,03	32,4 ± 0,4	10,4 ± 0,04	13,4	4,2
Коридоры с запада на восток						
1	12,8 ± 0,4	2,6 ± 0,01	16,9 ± 0,3	3,1 ± 0,02	4,1	0,5
2	16,3 ± 0,5	3,7 ± 0,01	28,9 ± 0,4	5,0 ± 0,03	12,6	1,3
3	18,9 ± 0,5	4,9 ± 0,02	36,8 ± 0,4	6,6 ± 0,03	17,9	1,7
4	19,8 ± 0,5	5,6 ± 0,02	37,7 ± 0,5	7,2 ± 0,04	17,9	1,6
Коридоры с севера на юг						
1	12,8 ± 0,3	2,6 ± 0,01	17,3 ± 0,3	3,3 ± 0,02	4,5	0,7
2	16,4 ± 0,4	3,4 ± 0,01	30,6 ± 0,5	5,5 ± 0,04	12,2	2,1
3	19,1 ± 0,5	4,5 ± 0,02	37,7 ± 0,4	7,5 ± 0,05	18,6	3,0
4	20,1 ± 0,5	4,8 ± 0 02	37,5 ± 0,4	7,8 ± 0,05	17,4	3,0

Приведенные данные показывают, что с увеличением ширины коридоров рост одно- и двухлетних сеянцев дуба улучшается и особенно резко при переходе от 1 до 2 *м* ($^1/_2$ половины высоты молодняка). Дальнейшее увеличение ширины коридоров до 3 *м*, хотя и не так заметно сказываясь, все же дает некоторое дополнительное усиление роста в высоту, и особенно по толщине стволиков. Рост же дубков в более широких четырехметровых коридорах уже почти не отличается от роста их в трехметровых коридорах.

Таким образом, можно сделать вывод, что при введении дуба посевом желудей ширина коридоров в $^3/_4$ высоты грабового насаждения дает хорошие результаты. В целях же большего удешевления работ и меньшего обеснения грабняка при посеве желудей можно ограничиться прорубкой коридоров шириной только в $^1/_2$ высоты насаждения. Хотя рост дубков в этом случае и хуже, чем в трехметровых коридорах и чем на свежей лесосеке, но до двух лет не так уже на много. Выгода же получается довольно значительная в том, что при оставленной более широкой кулисе выше продуктивность насаждения и больше подавляется рост травяного покрова и поросли граба в коридорах. Через два года коридор следует расширить до $^3/_4$ высоты насаждения, что и даст пользование более толстомерными стволиками граба, давшими значительный прирост за два года.

Разницы в росте однолетних сеянцев дуба по высоте в коридорах широтного и меридионального направлений не наблюдается. Толщина же стволиков дуба оказывается выше в коридорах широтного направления, 2—4 метровой ширины. Во втором году после прорубки коридоров дубки растут

заметно лучше в коридорах меридионального направления. При одинаковой влажности почвы в коридорах обоих направлений, что установлено специальным исследованием, наличие указанной разницы в росте дубков может быть объяснено различной освещенностью их в коридорах меридионального и широтного направлений. Специально проведенные приборами «ФЭСС-10У» измерения напряженности света показали, что максимум освещенности в меридиональных коридорах падает на полуденные часы (при высоком стоянии солнца), а в коридорах широтного направления — на 9 и 17 часов. В первый год после прорубки коридоров, когда не наблюдалось еще значительного разрастания поросли в коридорах и крон деревьев в стенах кулис, освещенность дубков была лучше в коридорах широтного направления (коридоры шириной 2—4 *м*), на втором же году косые лучи солнца при низком его стоянии в утренние и вечерние часы не могут беспрепятственно дойти до дубков, встречая на своем длинном пути поднимающуюся поросль граба в коридорах и разросшиеся кроны, а также и отдельные ветви деревьев в кулисах. Поэтому в широтных коридорах дубки росли хуже, чем в коридорах меридионального направления.

Можно предполагать, что лучший рост дуба и других пород I яруса, при введении их в коридоры меридионального направления, будет наблюдаться и после того, как с возрастом кроны этих пород начнут возвышаться над кронами граба в кулисах. При меридиональном направлении рядов в этот период лучше будет использоваться большая физиологическая активность солнечного света утренних и вечерних часов.

Наблюдения показали, что посев желудей дуба в коридоре, как и посадку сеянцев, лучше производить в один ряд строго по оси коридора, а не в два ряда и не площадками или гнездами, как рекомендуется во многих руководствах (Горшенин, Шевченко, стр. 15; Мирон, стр. 34—35).* Выполнение таких рекомендаций повышает затраты на культуры и требует нежелательной разрубки более широких коридоров. Иначе дуб по периферии площадок (и в двойных рядах) будет расти плохо под угнетающим влиянием деревьев граба в близкорасположенных стенах кулис. Так, в опыте по Бершадскому лесхозу при посадке в коридоры дубки имели в 5 лет следующую высоту (h) и средний диаметр стволиков у поверхности почвы (d):

В рядовой посадке:	h — 69,1 ± 0,9 *см*;	*d* — 13,6 ± 0,07 *мм*
В центре площадок:	h — 70,7 ± 1,2 *см*;	*d* — 13,4 ± 0,07 *мм*
По краям площадок:	h — 62 ± 0,7 *см*;	*d* — 11,7 ± 0,04 *мм*

Кроме пониженной высоты на 9% и пониженного диаметра стволика на 14%, саженцы дуба по краям площадок, межующих с кулисами, имели коленообразную изогнутость стволиков.

При прорубке коридоров в грабняках и последующем осветлении вводимого дуба следует учитывать полезность выращивания дуба в возможно более густом окружении его грабом. Семенной граб хотя и перерастает одновозрастный дуб по высоте до 7—12 лет, но имеет острую маловетвящуюся вершинку. Легко заглушается дуб порослевым грабом, возвышающимся над дубом в 5 лет на 2 *м* и более и сохраняющим свое превосходство по высоте до 15—20 лет. Сплошной рубки в коридорах производить не следует,

* Н. Н. Горшенин, С. В. Шевченко, Опыт реконструкции малоценных древостоев, Львов, 1954.

К. Д. Мирон, Опыт работы по реконструкции низкополнотных и малоценных молодняков, Гослесбумиздат, 1953.

так как это лишает дуб подгона и в низкополнотных молодняках ведет к разрастанию трав.

Уход за насаждением кулис должен быть направлен на выращивание семенного делового граба (кроме встречающихся здесь более ценных пород), с обеспечением дубу верхового осветления. Сплошной рубки кулис производить не следует, так как это обесценивает грабовую часть насаждения и ухудшает рост дубков (по опыту Бершадского лесхоза — в девятилетнем возрасте по средней высоте на 25% и по приросту последнего года на 60%).

Для многих ценных пород при коридорной культуре в грабовых молодняках первого класса возраста создаются более благоприятные условия выращивания, чем на открытых площадях необлесившихся лесосек. Так, при введении в прорубленные коридоры грабняков Гайсинского лесхоза сеянцы ели дали по сравнению с посадкой на свежей лесосеке (до возобновления грабом) приживаемость выше в первом году на 60%, во втором году на 9% (в коридорах шириной 2 и 3 *м*). Через два года после посадки саженцы амурского бархатного дерева в коридорах имели среднюю высоту больше на 18% и кустистых меньше в 8 раз по сравнению с посадкой на свежей лесосеке. Саженцы грецкого ореха соответственно показали большую высоту на 12% и меньше кустистых стволов в 4 раза.

При коридорной культуре более быстрый рост красного дуба по сравнению с черешчатым имеет большое преимущество в уменьшении расходов на осветление, поэтому имеющийся посевной и посадочный материал красного дуба прежде всего следует использовать при коренном улучшении малоценных молодняков.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

П. Н. МЕГАЛИНСКИЙ,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

М. Б. БЕРТУШ,
кандидат биологических наук

ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЯ В ЛЕСАХ УКРАИНСКОЙ ССР

В большинстве лесхозов Украины в настоящее время лесовозобновление производится лесокультурными приемами.

Однако наряду с лесными культурами в лесах УССР может быть широко использована естественная возобновительная способность лесных насаждений, что позволит не только сократить объемы лесокультурных работ без ущерба для качества и продуктивности лесов, но и облегчит проведение самих лесных культур.

Вопросы использования естественного лесовозобновления должны найти правильное отражение в разрабатываемом для республики генеральном плане развития лесного хозяйства как в связи с установлением объемов работ по различным способам возобновления, так и при проектировании способов рубок главного пользования.

Во многих случаях лесорастительные условия на Украине не обеспечивают надежного естественного лесовозобновления освобождаемых от леса площадей в хозяйственно приемлемый срок 2—3 года с достаточным участием ценных древесных пород в составе молодняков. Это относится в первую очередь к степным лесхозам. Но и здесь надобность в культурах может отпасть в ряде случаев и в первую очередь при возобновлении белоакациевых, тополевых, дубовых и ветловых низкоствольников, а также лозняков.

Более перспективным является естественное лесовозобновление в лесхозах украинского Полесья и лесостепной зоны.

Здесь в абсолютном большинстве типов леса в пределах дубравных лесорастительных условий вырубки быстро покрываются подростом из граба, липы, клена, осины, березы, ильмовых, ясеня, дуба и других пород. Участие в составе подроста таких ценных пород, как дуб и ясень, бывает самым различным и существенно зависит от состава вырубленных насаждений, типа лесорастительных условий, сезона рубки, числа лет, прошедших после семенного года до года рубки, и т. д.

Изучение возобновления на сплошных вырубках и под пологом в дубравных лесорастительных условиях Винницкой области (правобережная Лесостепь) и Житомирской области (украинское Полесье), проведенное кафедрой общего лесоводства УСХА в последние годы, позволило сделать следующие основные выводы.

1. Общее количество подроста на пробах, заложенных на вырубках до 5-летнего возраста в типах свежая и влажная дубрава колебалось от

14 до 170 тыс. на 1 *га*, кустарников от 0,7 до 10 тыс. на 1 *га*. Порослевые экземпляры составляли от $^1/_{20}$ до $^1/_5$ общего количества.

Подрост чаще состоит из граба, осины, березы, ильмовых, клена, в нем много ясеня, имеются и другие спутники дуба. Количество самого дуба колеблется в значительных пределах от нескольких сотен экземпляров на 1 *га* после рубки почти чистых грабняков, осинников и т. д. до 7—8 тыс. после рубки насаждений с преобладанием дуба.

Количество ясеневого подроста редко бывает меньше 3-х тысяч на 1 *га*.

2. В семенном подросте всех пород много экземпляров предварительного происхождения. Дуб почти весь появляется под материнским пологом, у ясеня, граба, клена, липы такой подрост часто составляет больше половины.

Подрост дуба старше 3 лет под пологом сомкнутых насаждений почти не встречается. Подрост граба, ильмовых, клена, липы встречается иногда в возрасте до 15—20 лет, ясеня до 7—8 лет.

Подрост дуба встречается в количествах, представляющих практический интерес для возобновления, только под пологом таких насаждений, в которых дуб или преобладает, или имеется не менее чем 0,2—0,3 в составе.

Во влажных дубравах Полесья (Житомирская область) подроста дуба почти всегда насчитывается (не менее 1,5 тыс. экз. на 1 *га* как под пологом насаждений, так и на вырубках. Под пологом свежих дубрав правобережной Лесостепи (Винницкая область) его мало.

Если наряду с приведенными положениями принять во внимание результаты исследований по естественному возобновлению дуба в связи с рубками главного пользования А. Б. Жукова и Н. В. Шевченко в Тростянецком опытном лестничестве Сумской области, С. С. Пятницкого в Чугуево-Бабчанском лесничестве, В. Э. Шмидта в Черном лесу и на Полесье, то окажется, что естественное возобновление при сплошных рубках в типах свежая и влажная дубрава происходит всегда удовлетворительно, но с частичной или полной сменой пород. Этот вывод будет верен как для украинского Полесья, так и для лесостепной зоны. Если главной породой наравне с дубом считать и ясень, то естественное возобновление в указанных зонах и типах леса можно признать основным способом восстановления насаждений, так как количество подроста ясеня достаточно для формирования насаждений с первым ясеневым ярусом. Если же главной породой считать только дуб, то при сплошных рубках естественное возобновление не может быть признано надежным способом возобновления в лесостепной зоне УССР и не всегда может быть признано основным способом в украинском Полесье. На Полесье для успешного возобновления дуба достаточно обеспечить сохранение дубового подроста во время рубок и своевременный уход за ним, в лесостепной же зоне подроста дуба под пологом часто бывает мало. Здесь в целях возобновления дуба естественным путем потребуется применение сложных способов рубок с системой мер содействия и ухода за подростом, что едва ли будет более выгодным по сравнению со сплошными рубками в сочетании с культурами.

Производные насаждения на дубравных почвах — осинники, грабняки, березняки с участием других пород возобновляются почти всегда успешно, но без главных пород.

Так как подрост второстепенных пород на вырубках предотвращает задернение почвы, обеспечивает быстрое смыкание молодняков, выполняет роль подгона и служит основой для формирования в будущем II яруса, он является и при культурах необходимым компонентом молодых насаж-

дений. Само же возобновление на участках, где производится ввод главных пород культурами, следует считать не искусственным, а смешанным.

Естественное возобновление сосны представляет первоочередной интерес в боровых и суборевых лесорастительных условиях. В лесостепной зоне УССР оно происходит значительно хуже по сравнению с украинским Полесьем. По данным лесоустроительных отчетов девяти Полесских лесхозов Ровенской, Житомирской и Черниговской областей в свежих и влажных борах и суборях площади вырубок с удовлетворительным возобновлением составляют от 30 до 50%. Плохо возобновляются вырубки в сухих борах и на заболоченных участках. В пределах Полесья естественное возобновление сосны происходит успешнее по мере продвижения с востока на запад.

В лесостепной зоне на естественное возобновление сосны нельзя рассчитывать при сплошных рубках не только в сухих борах, но и в свежих и даже влажных борах и суборях. Правда в этих типах нередко можно видеть участки изреженных сосновых насаждений с обильным сосновым подростком под пологом, но таких участков очень мало. Хотя проф. Е. В. Алексеев и проф. Д. И. Товстолес пропагандировали переход к упрощенным семеннолесосечным рубкам в сосновых лесах УССР, особенно в свежих и влажных суборях, однако естественного возобновления здесь и такими рубками добиться будет нелегко. Об этом говорят данные о естественном возобновлении сосны в Боярском и Звонковском лесничествах Боярского учебно-опытного лесхоза. Здесь в свежих суборях, в изреженных спелых сосновых насаждениях (с полнотой 0,4, 0,5, 0,6, т. е. с самой оптимальной для возобновления по мнению Е. В. Алексеева) с удовлетворительным возобновлением нашлось всего лишь 2,7% площади (28, 2 *га* из 1072,4 *га*), а во влажных суборях 30,7% (16,9 *га* из 55,1).

Все же сохранение и использование имеющегося подроста сосны под пологом спелых насаждений должно быть обязательной мерой лесного хозяйства в сосновых лесах всех типов лесорастительных условий.

При расходовании средств, планируемых лесхозом на меры содействия, необходимо в первую очередь направлять их на уход за имеющимся подростом вплоть до рыхления почвы в местах появления подроста, как это производится в культурах.

Лесоводам известно, что в определенных физико-географических условиях каждому типу леса характерен и свой наиболее вероятный тип возобновления, устанавливаемый по заселенности площади подростом, составу и происхождению подроста, продолжительности возобновительного периода и т. д.

Проф. Г. Ф. Морозов считал возобновляемость насаждений главным показателем для расчленения насаждений на типы. Он писал: «Лишь те различия в почвенно-грунтовых условиях, которые влекут за собой иную возобновляемость насаждений, вызывая поэтому назначение иного способа возобновления, приобретают значение момента, оправдывающего выделение известной совокупности насаждений в особый тип» (Г. Ф. Морозов, О типах насаждений и их значении в лесоводстве, Л. Ж., 1904, вып. 1, стр. 15).

В лесоустроительной практике уже давно оценку естественного возобновления производили по таким классам, как: удовлетворительное без смены пород, удовлетворительное со сменой пород, неудовлетворительное, отсутствует.

Такое разделение возобновляющихся площадей позволяло судить, хотя и весьма приблизительно, не только об общем количестве подроста

на единице площади, но и о составе подроста, вернее о том, насколько представлены среди молодого поколения леса главные древесные породы. Смена пород устанавливалась не в смысле сравнения состава подроста с составом бывшего материнского насаждения, которое само могло быть малоценным, а в смысле сравнения с такими насаждениями, выращивание которых считается желательным при данных лесорастительных и экономических условиях, которые кроме этого нередко представляли наиболее долговечные и устойчивые (коренные, по выражению акад. В.Н. Сукачева) фитоценозы.

Такой подход при оценке возобновления следует считать наиболее правильным. Для хозяйства он дает довольно ясное представление о характере возобновления и позволяет наметить для каждого участка мероприятия по возобновлению или уходу за подростом.

К сожалению, инструкция по устройству и обследованию лесов Государственного значения 1952 г. рекомендует оценивать успешность возобновления без учета состава подроста только по количеству его в связи с возрастом. Указание на то, что примесь сопутствующих пород, превышающая половину числа экземпляров главных пород, снижает успешность естественного возобновления на одну ступень, не улучшает, а наоборот, ухудшает дело. Выходит, что, например, при количестве подроста ценных пород 5 тыс. экз. на 1 *га*, возобновление будет хуже, если сопутствующих пород будет не одна тысяча на 1 *га*, а три или четыре тысячи, тогда как фактически картина будет обратной.

Рекомендуемая в инструкции шкала для оценки возобновления, кроме игнорирования состава, имеет и ряд других серьезных недостатков.

Прежде всего в подобных шкалах нельзя оправдать применение академических оценок: хорошо, удовлетворительно, ибо они мало отражают существо оцениваемого объекта в связи с необходимыми хозяйственными мероприятиями. Ведь независимо от того, поставлена хорошая или удовлетворительная оценка, площадь считается возобновившейся.

Норма, рекомендуемая шкалой для удовлетворительной оценки возобновления — от 5 тыс. до 10 тыс. экз. подроста на 1 *га*, не может быть пригодной в условиях УССР.

Если при культурах высаживается или высевается равномерно по всей площади не менее 10 тыс. экземпляров деревьев и кустарников на 1 *га*, причем производится многократный уход в течение 3—4 лет и дополнения в среднем на 10% посадочных мест, то при удовлетворительном естественном возобновлении количество экземпляров подроста должно быть, во всяком случае, не меньше. За подростом нет ухода, не организуется систематических дополнений, а главное, подрост никогда не бывает размещен так равномерно, как сеянцы или саженцы в культурах.

Исследования равномерности размещения подроста в М.-Подольском лесхозе Винницкой области в 1954 г. показали, что даже при общем количестве подроста от 7 до 10 тыс. экземпляров на 1 *га* пустые площадки величиной 10 $м^2$ и больше занимают, как правило, от 8 до 15% общей площади участка.

При общем количестве подроста от 5 до 10 тыс. на 1 *га* не будет обеспечено своевременное отенение почвы, а, следовательно, может произойти задернение со всеми вытекающими последствиями.

В шкале не принимается во внимание количество кустов подлесочного яруса, что также нельзя признать правильным, ибо в культурах степной и лесостепной зон кустарники часто вводятся в количестве до 50% общего числа посадочных мест.

Таблица 1

Хозяйственные типы при оценке успешности естественного лесовозобновления

Типы естественного лесовозобновления	Основные показатели типа	Лесоводственные мероприятия по использованию естественного лесовозобновления или искусственному возобновлению
Удовлетворительное без смены пород	Общее количество экземпляров подроста и кустарников на 1 *га* не менее 10000. Подроста главных пород не менее 70%. Если средний возраст подроста старше 5 лет — общее количество его вместе с кустарниками не менее 7000 на 1 *га* в т. ч. главных пород не менее 70%.	При предварительном возобновлении запрещение летней рубки. Запрещение выпаса скота. В некоторых случаях — осветление подроста в первые же годы.
Удовлетворительное с неполной сменой пород	Общее количество подроста и кустарников не менее 10000 на 1 *га* при среднем возрасте до 6 лет или не менее 7000 при среднем возрасте 6 лет и старше. Древесных пород — больше половины. Количество подроста главных пород должно быть не менее 1000 на 1 *га*.	При предварительном возобновлении — запрещение летней рубки. Запрещение выпаса скота. Своевременное осветление подроста ценных пород. Дополнительный ввод ценных пород культурами необходим только в тех случаях, если в хозяйстве ставится задача выращивать к спелому возрасту насаждения с первым ярусом из одних ценных пород.
Удовлетворительное с полной сменой пород	Общее количество подроста и кустарников не менее 10000 на 1 *га* при среднем возрасте подроста до 6 лет и не менее 7000 при среднем возрасте подроста 6 лет и старше. Древесных пород — больше половины. Количество экземпляров подроста главных пород меньше 1000 на 1 *га*.	Ввод главных пород частичными культурами. Рекомендации по регулированию сезона рубки и пастьбы скота те же, что и для первых типов.
Недостаточное	Общее количество подроста и кустарников от 2 до 10 тысяч на 1 *га* при среднем возрасте подроста до 6 лет и от 1000 до 7000 при среднем возрасте подроста 6 лет и старше, при участии подроста древесных пород не менее половины.	Если в составе подроста преобладают главные породы, на площади необходим ввод сопутствующих пород и кустарников. Если же на площади подрост второстепенных пород и кустарники, необходимо ввести главные породы рядами, площадками или группами площадок. Общее количество вводимых посевом или посадкой экземпляров может быть различным от 0,5 до 5 тыс. на 1 *га*. В среднем случае—2,5—3 тыс. на 1 *га*.
Неудовлетворительное	Общее количество подроста и кустарников до 2 тыс. на 1 *га*.	В участках с таким типом возобновления проектируются сплошные культуры

Таблица 2

Наиболее вероятные типы естественного лесоразведения для распространенных типов лесорастительных условий по лесорастительным зонам

Типы лесорастительных условий	Насаждения по преобладающим породам	Наиболее вероятные типы естественного лесовозобновления по хозяйственной оценке
	Украинское Полесье	
Очень сухой и сухой бор A_0—A_1	Сосновые	Неудовлетворительное
Свежий бор A_2	Сосновые и сосново-березовые	Недостаточное и удовлетворительное с неполной сменой пород
Влажный бор A_3	Сосновые и сосново-березовые	Удовлетворительное с неполной сменой пород (удовлетворительное с полной сменой пород)
Свежая суборь B_2	Сосновые и сосново-дубовые	Недостаточное (удовлетворительное с неполной сменой пород)
Влажная суборь B_3	Сосновые, сосново-березовые и сосново-дубовые	Удовлетворительное с неполной сменой пород (удовлетворительное без смены пород)
Свежая судубрава C_2	Сосновые, сосново-дубовые и дубовые с примесью других пород	Удовлетворительное с неполной сменой пород
Влажная судубрава C_3	Сосново-дубовые, сосново-дубово-грабовые и дубовые с примесью других пород	Удовлетворительное с неполной сменой пород
Мокрая судубрава C_5	Ольховые и ольхово-березовые	Удовлетворительное (недостаточное)
Свежая дубрава $Д_2$ и влажная дубрава $Д_3$	Дубовые, дубово-грабовые и ясенево-грабовые с примесью других пород	Удовлетворительное с неполной сменой пород (удовлетворительное с полной сменой пород)
	Грабовые, березовые и осиновые с примесью других пород	Удовлетворительное с полной сменой пород
Мокрые дубравы $Д_5$	Ольховые с ясенем и без ясеня	Недостаточное (удовлетворит.)
	Лесостепь	
Сухой бор A_1 и свежий бор A_2	Сосновые	Неудовлетворительное
Свежая суборь B_2	Сосновые и дубово-сосновые	Неудовлетворительное
Влажная суборь B_3	Сосновые и дубово-сосновые	Неудовлетворительное (недостаточное)
Свежая судубрава C_2	Дубово-сосновые и дубовые с примесью других пород	Удовлетворительное с неполной сменой пород (недостаточное)
Сухая дубрава $Д_1$	Дубовые и дубово-грабовые	Неудовлетворительное (недостаточное).
Свежая дубрава $Д_2$ и влажная дубрава $Д_3$	Дубовые, дубово-грабовые и ясенево-грабовые с примесью других пород	Удовлетворительное с неполной сменой пород (Удовлетворительное с полной сменой пород)
	Грабовые, березовые, осиновые, осиново-березовые с примесью других пород	Удовлетворительное с полной сменой пород
Мокрые дубравы $Д_5$	Ольховые	Недостаточное

Продолжение табл. 2

Типы лесорастительных условий	Насаждения по преобладающим породам	Наиболее вероятные типы естественного лесовозобновления по хозяйственной оценке
	Степь	
Очень сухой и сухой бор $А_0$—$А_1$	Сосновые	Неудовлетворительное
Очень сухая и сухая суборь $В_0$—$В_1$	Сосновые и сосново-дубовые Низкоствольные дубняки	Неудовлетворительное Удовлетворительное (недостаточное)
Очень сухая и сухая дубрава $Д_1$	Дубовые и дубовые с примесью других пород	Недостаточное (неудовлетворительное)
Пойменные леса	Ветляники, осокорники, вязовники, дубняки, лозняки	Удовлетворительное (недостаточное)

Примечание. В скобках представлены менее вероятные, но встречающиеся типы возобновления.

В условиях УССР можно рекомендовать примерную шкалу для оценки лесовозобновления, которая представлена в виде таблицы 1, где устраняются многие недостатки шкалы, помещенной в лесоустроительной инструкции 1952 г. Эту шкалу одновременно мы рассматриваем и как шкалу типов естественного возобновления (возобновляемости) в связи с типами лесорастительных условий и типами леса.

Оценка возобновления в прилагаемой шкале разработана по количеству подроста для сплошных вырубок.

При оценке успешности естественного возобновления под пологом насаждения придержки, указанные в шкале, должны быть увеличены. В среднем для условий Украины, при оценке возобновления под пологом, можно принять полуторное увеличение норм, принятых для оценки возобновления на сплошных вырубках. Кроме того, не все виды подлеска следует принимать в расчет. Не следует суммировать вместе с древесными породами такие кустарники, которые достигают незначительной (до 1 *м*) высоты или приносят существенный вред естественному возобновлению, как и многие представители травяного покрова. В условиях УССР к числу таких кустарников следует отнести азалию, ракитник, дрок, ежевику, малину и др.

Анализ фактического материала и сведения из литературных источников о естественном возобновлении в лесах УССР позволили составить таблицу наиболее вероятных типов естественного возобновления (возобновляемости) для наиболее широко представленных на Украине типов лесорастительных условий отдельно по украинскому Полесью, лесостепной и степной зонам (табл. 2).

Типы естественного возобновления разработаны для того случая, когда не проводится мер содействия.

Главными породами приняты: в боровых и суборевых лесорастительных условиях — сосна, в судубравных — сосна, дуб, ель, ольха (в зависимости от влажности) и дубравных лесорастительных условиях — дуб, ясень, ель, ольха.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

С. А. ЗОЛОТАРЕВ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

О РОЛИ ЛЕСА В ПОЧВООБРАЗОВАНИИ И ТИПАХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

В конце 90 годов прошлого столетия В. В. Докучаев первым обратил внимание на тесную связь почвообразовательного процесса в лесу с господствующей в составе I яруса древесной породой. Развитие и углубление взглядов В. В. Докучаева о выделении типов лесных почв, генетически связанных с составом лесной растительности в различных зонах Советского Союза, имеет большое теоретическое значение, и, став на этот путь, можно более успешно решать вопросы теории почвообразования в лесу, плодородия лесных почв и многие другие. Вместе с тем, в этом случае значительно успешнее могут осуществляться работы, проводимые в Советском Союзе по повышению продуктивности существующих лесов, возобновлению их на лесоэксплуатационных площадях, созданию новых лесных массивов в безлесных районах и многие другие, направленные на обеспечение потребностей народного хозяйства в древесине, сырье растительного происхождения и создание более благоприятных условий для социалистического сельского хозяйства.

1. ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В СВЕТОЛЮБИВЫХ И ТЕНЕВЫНОСЛИВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

Деление древесных пород на светолюбивые и теневыносливые основано на их взаимодействии со светом: способности разлагать углекислоту, образовывать хлорофилл, испарять воду.

В соответствии с принятыми в лесоводстве шкалами теневыносливости к группе светолюбивых пород относятся береза, сосна, ясень, дуб и к группе теневыносливых — липа, граб, бук, ель, пихта. Насаждения, образуемые древесными породами каждой из этих групп, оказывают различное влияние на почвообразование и почву.

Почвообразовательный процесс в почвах под насаждениями с господством светолюбивых пород осуществляется при большем количестве осадков, тепла и света. Различным оказывается также ежегодное количество хвои, листьев, обломков коры и древесины: меньшее в светолюбивых и большее в теневыносливых насаждениях. Под пологом насаждений из светолюбивых пород поступающее в почву органическое вещество представляется остатками деревянистого и травянистого происхождения. Соотношение между этими двумя группами органических веществ меняется в зависимости от состава, полноты и возраста насаждений. В дубовых и, в особенности, ясеневых и лиственничных лесах общее количество надземной и подземной массы травянистого происхождения может быть

в несколько раз большим, чем в буковых, еловых и пихтовых лесах. В насаждениях с господством теневыносливых пород в почву либо не поступает, либо поступает очень небольшое количество травянистых остатков.

Различия в световых, тепловых и водных условиях, создающихся под пологом светолюбивых и теневыносливых насаждений, и различия в качественном составе органических веществ, поступающих в почву, существенно сказываются на составе гумуса и его способности к осаждению основаниями. Наличие или отсутствие под пологом леса травянистых остатков накладывает определенный отпечаток на соотношение между гуминовыми кислотами и фульвокислотами, а последнее — на вынос кальция из почвы.

На основании полевого и лабораторного изучения почв под насаждениями из светолюбивых и теневыносливых древесных пород мы имеем возможность сделать следующие выводы:

1) почвообразовательный процесс в почвах под насаждениями из светолюбивых пород осуществляется при большем участии гумуса;

2) в почвах под светолюбивыми насаждениями процесс выноса растворимых в воде минеральных веществ идет в меньшем, а в почвах под теневыносливыми насаждениями—в большом объеме (почвы дубовых и лиственничных лесов в среднем оподзолены слабее почв еловых и грабовых лесов);

3) в почвах под насаждениями из светолюбивых древесных пород в биологический круговорот вовлечено большее количество элементов питания растений и в среднем они плодороднее почв под насаждениями из теневыносливых древесных пород.

2. СВОЙСТВА ПОЧВ ПОД НАСАЖДЕНИЯМИ ИЗ ПОРОД С ПОВЕРХНОСТНОЙ И ГЛУБОКОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ

Древесные породы в зависимости от строения корневой системы и расположения сосущих корневых окончаний в почве подразделяются на две группы: породы с поверхностной и породы с глубокой корневой системой.

К первой группе древесных пород относятся: ель, бук, ясень, осина, ко второй — сосна, дуб, граб, липа и другие.

Исследования показали, что между строением корневой системы древесных пород и свойствами почвы отмечается известная связь. Проявляется она в распределении кислот и гумуса по профилю почвы в зависимости от расположения корней древесных пород, а также в степени оподзоленности почвенной толщи. В коренных лесах с господством ели, бука и других пород с отчетливо выраженной поверхностной корневой системой, вне зависимости от климатических и рельефных условий их произрастания, кислотность всегда оказывается максимальной в поверхностной части почвы и с глубиной постепенно уменьшается. В дубовых, грабовых и других лесах, эдификаторы которых характеризуются глубокой корневой системой, кислотность измеряется максимальной величиной в средней части профиля и уменьшается по направлению к гумусовому и иллювиальному горизонтам.

Связь между строением корневой системы, господствующей в составе I яруса древесной породой, и распределением кислот в почве обусловливается, прежде всего, различием в количестве углекислоты на отдельных отметках почвы, поступающей в процессе дыхания корней. У дуба, характеризующегося III ярусным расположением корней, количество углекислоты нарастает от средней части почвы к верхней и нижней. У бука и ели, корневая система которых представляется только верхним ярусом, количество углекислоты в почве с глубиной уменьшается.

Наряду с различием в распределении кислот по профилю в лесных почвах отмечается также тесная связь между строением корневой системы древесных пород и распределением гумуса. Исследованиями советских и зарубежных ученых давно уже установлено, что корни древесных пород служат одним из источников обогащения лесных почв гумусом. В особенности большое значение в этом отношении имеют мелкие корни, с периодом жизни до 3 лет. Естественно, конечно, что количество гумуса, образующегося в процессе минерализации мертвых корней, а также его распределение по профилю не может быть одинаковым в почвах, отличающихся друг от друга составом древостоя. В почвах елового и букового лесов, характеризующихся поверхностной корневой системой, основная масса гумуса сосредотачивается в поверхностной части почвы, в почвах же под насаждениями из древесных пород с глубокой корневой системой распределение гумуса в общем будет следовать за количественным распределением мелких корней и сосущих корневых окончаний.

И, наконец, отмечается более или менее отчетливая связь между строением корневой системы древесных пород и степенью выраженности элювиального процесса в почве. Общей закономерностью, отмечаемой в этом отношении, является следующая: в почвах под насаждениями из древесных пород с поверхностной корневой системой процесс элювиирования выражен сильнее, чем в почвах под насаждениями из древесных пород с глубокой корневой системой.

Причиной более резкой оподзоленности профиля почв под насаждениями из древесных пород с поверхностной корневой системой нужно считать одностороннее направление в перемещении воды и растворенных в ней веществ по почвенному профилю — только сверху вниз. В конечном итоге это приводит к созданию таких условий, при которых вымытые на глубину свыше 40—50 *см* и отложенные там продукты почвообразования обратно не поднимаются или поднимаются в очень ограниченном количестве.

Суммируя сказанное, мы имеем возможность сделать следующие выводы:

1) почвы, почвообразование которых осуществляется под влиянием древесных пород с поверхностной корневой системой, характеризуются максимумом кислотности в верхней части профиля и постепенным уменьшением ее с глубиной, а с глубокой корневой системой — максимумом кислотности в средней части профиля и уменьшением ее как вниз, так и вверх;

2) почвы, почвообразование которых осуществляется под влиянием древесных пород с поверхностной корневой системой, характеризуются высоким содержанием гумуса в верхней части профиля и резким уменьшением его с глубиной, а древесных пород с глубокой корневой системой — более равномерным распределением его по профилю;

3) в почвах под насаждениями из древесных пород с поверхностной корневой системой процесс элювиирования выражен сильнее, чем в почвах под насаждениями из древесных пород с глубокой корневой системой.

3. МИКОТРОФНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД И СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Древесные породы в зависимости от степени их микотрофности подразделяются на микотрофные в сильной степени, микотрофные в слабой степени и немикотрофные. К древесным породам первого типа относятся ель, сосна, лиственница, граб, бук, дуб; ко второму — осина, береза, липа, клен и к третьему — ясень, каштан, бархат, явор и другие.

Исследования показали, что между микотрофностью древесных пород и свойствами почвы отмечается вполне определенная связь. Выражается

она, прежде всего, в увеличении кислотности почв с увеличением степени микотрофности древесных пород: кислотность возрастает от почв под насаждениями из немикотрофных пород к почвам под насаждениями из древесных пород, микотрофных в слабой степени, и от них — к почвам под насаждениями из пород, микотрофных в сильной степени.

Наряду с различием в степени кислотности почв отмечается также тесная связь между микотрофностью древесных пород и осветлением почвенного профиля. Морфологически это часто фиксируется как оподзоливание, хотя распада почвенных минералов при этом может и не наблюдаться. Исследования показали, что явление осветления почвы или отдельных ее частей обусловливается деятельностью грибов, сопровождающих корневую систему древесных пород, микотрофных в сильной степени, и значительно усиливающих процесс минерализации органических остатков, поступающих в почву. Причем, чем более поверхностна корневая система древесных пород и чем выше степень микотрофности их корней, тем в большей мере осветляется почвенный профиль, и наоборот. Именно этим и нужно объяснить, что бук, относясь к числу широколиственных пород, по своей способности осветлять почвенный профиль резко отличается от них и приближается к ели.

На основании изложенного представляется возможным сделать следующие выводы:

1) леса, образуемые древесными породами, разнящимися между собой степенью микотрофности, оказывают различное влияние на почвообразование и почву;

2) почвы, почвообразование которых идет под влиянием древесных пород, микотрофных в сильной степени, характеризуются повышенной кислотностью, большей осветленностью профиля и меньшим содержанием гумуса, чем почвы под насаждениями из немикотрофных и микотрофных в слабой степени древесных пород.

4. ТИПЫ ЛЕСНЫХ ПОЧВ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Несмотря на недостаточное знание многих деталей в сложном и многообразном процессе воздействия лесной растительности и отдельных древесных пород на почву и отсутствие в наших руках всех связывающих их в единое целое нитей, нельзя не указать на главное, а именно: строение профиля лесных почв и их свойства создаются под определяющим влиянием господствующей в составе I яруса древесной породы. Это означает, что при определении влияния, оказываемого лесной растительностью на почвы, необходимо исходить из внешних и внутренних ее свойств, поскольку в них находят свое отражение не только условия внешней среды, но и в значительной мере исторический путь развития самой растительности. При биологическом подходе к решению вопроса о выделении типов лесных почв главнейшие лесообразующие породы Советского Союза можно объединить в следующие группы: 1 — теневыносливые, с поверхностной корневой системой, микотрофные в сильной степени (ель, пихта, бук); 2 — теневыносливые, с глубокой корневой системой, микотрофные в сильной степени (граб); 3 — светолюбивые, с глубокой корневой системой, микотрофные в сильной степени (дуб, сосна, лиственница, кедр); 4 — светолюбивые, со средне-глубокой корневой системой, немикотрофные и микотрофные в слабой степени (береза, ясень).

Проведенные исследования показали, что насаждения с господством древесных пород каждой группы сопровождаются определенным типом лесных почв.

Характерной особенностью выделенного нами ряда является то, что почвообразующее значение входящих в него групп лесообразующих пород изменяется в более или менее определенной последовательности. В направлении от первой группы к четвертой группе: 1) возрастает участие травянистой растительности в почвообразовательном процессе и, как следствие этого, увеличивается мощность гумусового горизонта, уменьшается влияние фульвокислот на минеральную часть почвы, уменьшается вынос растворимых в воде минеральных и органических веществ из почвенной толщи; 2) уменьшается степень выраженности микотрофности корневой системы древесных пород, в связи с чем уменьшается кислотность почвы, возрастает интенсивность окраски средней части почвы в бурые тона и возрастает содеражние гумуса в средней и нижней частях почвенной толщи; 3) уменьшается степень выраженности элювиального процесса, как следствие уменьшения кислотности подстилки и уменьшения микотрофности корневых систем древесных пород.

Изучение генезиса лесных почв в связи с внутренними и внешними свойствами сопровождающей их лесной растительности позволяет говорить о наличии в пределах лесной и лесостепной зон СССР трех основных групп лесных почв: подзолистых, оподзоленных и неоподзоленных (дерновых).

Подзолистые почвы (подзолы и дерново-подзолистые) образуются в лесах, эдификаторы которых характеризуются высокой теневыносливостью, поверхностной корневой системой и резко выраженной микотрофностью. Их можно характеризовать как кислые, ненасыщенные основаниями обедненные растворимыми солями и карбонатами, обогащенные кремнекислотой. Биологический круговорот веществ ограничивается поверхностной частью почвы, мощностью до 25—50 *см*, в связи с чем процесс выноса растворимых веществ выражен отчетливо.

Максимальное количество кислот и гумуса сосредоточено в верхней части профиля и с глубиной уменьшается. Гуминовых кислот, способных осаждаться кальцием, в сколько-нибудь значительном количестве не образуется. Соотношение между ульминовыми кислотами и фульвокислотами складывается в пользу явного преобладания последних, что приводит к образованию кислых подвижных продуктов почвообразования. Средняя часть почвенного профиля резко осветлена, что и дало основани В. В. Докучаеву называть их подзолами и попелами.

Оподзоленные почвы образуются в лесах второй и третьей групп. К числу особенностей, в равной мере свойственных как лиственным, так и хвойным лесам, этих групп относится их способность развивать глубокую корневую систему, вести свою деятельность в симбиозе с микотрофными грибами и образовывать кислую подстилку. Подстилка этих лесов, несмотря на значительное содеражние в ней карбонатов, не подщелачивает, как думают некоторые исследователи, а подкисляет минеральные горизонты почвы. Почвообразовательный процесс под пологом рассматриваемых лесов осуществляется при значительном участии травянистой растительности. Почвы относятся к кислым, и так же, как в предыдущей группе, их средняя часть осветлена и обогащена кремнекислотой и кремнистой присыпкой, но она не окрашена в характерные для подзолистых почв белесовато-серые тона и лишена листовато-слоистого сложения. Оподзоленный горизонт совмещает в себе черты перегнойно-аккумулятивного и подзолистого или же подзолистого и иллювиального.

Сохраняя перечисленные общие свойства, оподзоленные почвы обнаруживают и некоторые различия в строении своего профиля, в составе и

свойствах в зависимости от внутренних и внешних особенностей лесной растительности, под пологом которой они образуются.

Почвы грабовых лесов представляются светло-серыми лесными. По составу и свойствам близки к слабо-подзолистым разностям подзолистых почв, но в отличие от них характеризуются иным типом распределения кислот и гумуса по профилю. Максимальное количество кислот сосредоточено в средней части почвенной толщи, вверх и вниз от нее количество кислот уменьшается. Содержание гумуса близко к содержанию его в почвах предыдущего типа, но распределен он более равномерно. Под пологом грабовых лесов почвообразование осуществляется при крайне ограниченном участии травянистой растительности, в связи с чем основным источником нейтрализации перегнойных кислот служат минералы материнской горной породы.

Почвы дубовых лесов представляются темно-серыми и серыми лесными. Процесс почвообразования осуществляется при значительном участии продуктов гумификации травянистых остатков лесных (горные дубняки), лесных и луговых (дубняки аллювиальных террас) и лесных и степных (дубняки нижнего пояса лесной растительности Дальнего Востока и равнинных пространств европейской части Советского Союза) трав. Характеризуются хорошо выраженной структурой, высоким содержанием элементов зольного питания и относятся к числу наиболее плодородных лесных почв лесной и лесостепной зон. Максимум кислотности приходится на среднюю часть профиля.

Почвы кедровых лесов представляются оподзоленными бурыми. Профиль этих почв окрашен окислами железа и марганца в палево-желтый, коричневый или коричневато-бурый цвет, в нем более или менее хорошо выделяется оподзоленный горизонт, но оподзоленность его чаще всего соответствует фазе выноса из верхних горизонтов в нижние щелочно-земельных металлов. Они характеризуются невысоким содержанием гумуса, слабокислой реакцией в верхней части и более кислой в нижней части. Величина коэффициента насыщенности поглощающего комплекса основаниями близка к 0,60—0,70 в гумусовом и 0,5—0,6 — во всех остальных горизонтах. Круговорот подвижных продуктов почвообразования значительно усиливается за счет участия в этом процессе мощной корневой системы кедра, деятельность которой простирается на глубину до 100 *см*.

Почвы сосновых лесов по свойствам близки к светлосерым, но в отличие от них характеризуются своеобразной желтоватой и коричневато-желтой окраской. В профиле этих почв более или менее хорошо выделяется элювиальный горизонт. Часто его мощность превышает 20—30 *см*, но обусловливается это не распадом почвенных минералов, а осветляющей деятельностью грибов, сопровождающих корневую систему сосны. Относясь к числу древесных пород, предъявляющих более или менее умеренные требования к запасу питательных веществ в почве, сосна способствует образованию почв, процессы биологической аккумуляции в которых не получают значительного размаха.

Почвы лиственных лесов представляются серыми и темно-серыми. По строению профиля и свойствам близки к почвам дубовых лесов. В подавляющем большинстве случаев они характеризуются резко выраженным задернением и оглеением нижней части своего профиля.

Неоподзоленные (дерновые) почвы образуются в лесах, господствующие породы которых характеризуются высоким светолюбием и слабо выраженной микотрофностью. К числу наиболее типичных лесов этой группы относятся березовые и ясеневые леса. Процесс почвообразования

в коренных березовых и ясеневых лесах, благодаря высокому светолюбию их эдификатора, осуществляется под определяющим влиянием травянистой растительности, отсутствия постоянного слоя подстилки (подстилка в березовых и ясеневых лесах образуется только временно). Процесс разложения остатков травянистой растительности, явно преобладающих над остатками деревянистого происхождения, сопровождается образованием трудно растворимых гуматов кальция, предохраняющих почву от выноса оснований. Почвы березовых и ясеневых лесов окрашены в бурые тона и несут на себе неясные признаки оподзоленности (пятна посветления средней части профиля).

В заключение отметим, что в пределах лесной зоны Советского Союза, особенно в северной и восточной ее частях, широким распространением пользуются почвы болотного типа почвообразования. Значительная часть этих почв несет на себе лесную растительность: сосновые, лиственничные и другие леса. Заболоченные и болотные почвы, наряду с оторфованностью или резкой задернованностью верхней части, часто характеризуется отчетливо выраженной оподзоленностью своего профиля. Исследования показали, что такие свойства заболоченных и болотных почв, как обедненность средней части профиля легко растворимыми солями и карбонатами, обогащенность кремнекислотой и вообще наличие в них хорошо выраженных вымывного и вмывного горизонтов нельзя связывать с воздействием на почву древесных пород, которые они несут на себе в данное время.

ВЫВОДЫ

1. Главнейшие лесообразующие древесные породы Советского Союза, в зависимости от их способности оказывать влияние на почву, можно объединить в четыре основных группы:

а) теневыносливые, с поверхностной корневой системой, микотрофные в сильной степени;

б) теневыносливые, с глубокой корневой системой, микотрофные в сильной степени;

в) светлолюбивые, с глубокой корневой системой, микотрофные в сильной степени;

г) светолюбивые, со средне-глубокой корневой системой, микотрофные в слабой степени и немикотрофные.

2. Изучение генезиса и особенностей лесных почв в связи с внешними и внутренними свойствами основных групп лесов дает возможность выделять в пределах лесной и лесостепной зон СССР три группы лесных почв:

а) подзолистые;

б) оподзоленные;

в) неоподзоленные.

Приложение

Классификация лесных почв Советского Союза

№ группы	Группы почвообразующих лесов	Господствующая порода	Группы лесных ассоциаций	Выраженность дернового процесса	Выраженность подзолистого процесса	Выраженность глеевого процесса	Типы и подтипы лесных почв
			I. Группа подзолистых почв				
1	Теневыносливые, с поверхностной корневой системой, микотрофные в сильной степени	Ель	1. Еловые леса с мертвым покровом	—	сильная	—	Подзолы мощные, средние и маломощные
			2. Еловые леса с травяным покровом	сильная, средняя	средняя, слабая	—	Дерново-подзолистые, нормально увлажненные
			3. Еловые леса с моховым покровом	сильная, средняя	сильная, средняя	сильная, средняя, слабая	Торфянисто-подзолистые, оглеенные
		Бук	1. Буковые леса с мертвым покровом	—	сильная, средняя	—	Подзолы (попелы) мощные, средние и маломощные
			2. Буковые леса с травяным покровом	средняя, слабая	средняя, слабая	слабая	Дерново-подзолистые, нормально и временно повышенно увлажненные
			II. Группа оподзоленых почв				
2	Теневыносливые с глубокой корневой системой, микотрофные в сильной степени	Граб	1. Грабовые леса с мертвым покровом	—	слабая	—	Оподзоленные, светло-серые, незадернованные
			2. Грабовые леса с травяным покровом	средняя, слабая	слабая	нет или слабая	Оподзоленные, светло-серые, задернованные, оглеенные (неоглеенные)
3	Светолюбивые, с глубокой корневой системой, микотрофные в сильной степени	Дуб	1. Дубовые леса с покровом из лесных трав (горные дубняки)	средняя, слабая	слабая	—	Оподзоленные, серые, временно недостаточно увлажненные
			2. Дубовые леса с покровом из лесных и луговых трав (дубовые леса аллювиальных террас)	сильная, средняя	слабая	нет или слабая	Оподзоленные, серые, нормально и временно избыточно увлажненные
			3. Дубовые леса с покровом из лесных и степных трав (нижний пояс лесной растительности Дальнего Востока и равнинные пространства европейской части Советского Союза	сильная, средняя	слабая		Оподзоленные, темно-серые, нормально увлажненные

		Лиственница	1. Лиственничные леса с мертвым покровом	слабая	слабая	—	Оподзоленные, серые, незадернованные, временно недостаточно увлажненные
			2. Лиственничные леса с травяным покровом	сильная, средняя	слабая	—	Оподзоленные, темно-серые и серые нормально увлажненные
			3. Лиственничные леса с травяно-моховым покровом	сильная, средняя	слабая	средняя, слабая	Оподзоленные, темно-серые и серые временно избыточно увлажненные
			4. Лиственничные леса с моховым покровом	сильная, средняя	слабая, средняя	сильная, средняя	Оподзоленные, серые, заболоченные
		Кедр	1. Кедровые леса с покровом из ксерофитных трав (дубово-кедровые леса)	слабая	слабая	—	Оподзоленные, бурые, недостаточно увлажненные
			2. Кедровые леса с лианопапоротниковым покровом (грабовые кедровники)	сильная	слабая	—	Оподзоленные, бурые, нормально увлажненные
			3. Лещинные кедровники с папоротниково-разнотравным покровом	сильная, средняя	слабая	нет или слабая	Оподзоленные, бурые, временно избыточно увлажненные
		Сосна	1. Сосновые леса с мертвым покровом	—	слабая	—	Оподзоленные, желтовато-серые, временно недостаточно увлажненные
			2. Сосновые леса с травяным покровом	средняя	слабая		Оподзоленные, желтовато-серые, нормально увлажненные
			3. Сосновые леса с моховым покровом	сильная, средняя	средняя, слабая	сильная, слабая	Оподзоленные и подзолистые, желтовато-серые, оглеенные и заболоченные
			III. Группа неоподзоленных почв				
4	Светолюбивые со среднеглубокой корневой системой, немикотрофные и микотрофные в слабой степени	Береза	1. Березовые леса с покровом из луговых и мезофильных трав (пойменные белоберезовики)	сильная	—	средняя, слабая	Темно-цветные, глубокодерновые, повышенно увлажненные
			2. Березовые леса с покровом из луговых и лесных трав (лещинные и разнотравные березовики)	сильная, средняя	—	слабая	Темно-цветные, дерновые временно повышенно увлажненные
		Ясень	1. Осоково-мезофильно-разнотравные ясеневики	средняя	—	слабая	Темно-цветные, дерновые, пойменные, оглеенные
			2. Разнотравные ясеневики (ильмово-ясеневые леса)	средняя	—	слабая	Темно-цветные, дерновые, пойменные, гумусированные

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

К. Е. НИКИТИН

О ВОЗРАСТЕ РУБКИ ГРАБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УССР

В Украинской ССР насаждения с преобладанием граба (Carpinus betulus Z.) занимают площадь около 300 тыс. гектаров. Насаждения эти сосредоточены преимущественно в западной части лесостепной зоны Украины — в Винницкой, Тернопольской, Хмельницкой, Черкасской и некоторых других областях, где они произрастают чаще на свежих серых оподзоленных суглинистых почвах, подстилаемых лёссом.

Общий запас грабовых древостоев на Украине составляет около 30 миллионов кубических метров.

По группам возраста грабовые насаждения распределяются следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Распределение грабовых насаждений по группам возраста

Молодняк		Средне-возрастные	Приспевающие	Спелые	Перестойные
I класса	II класса				
		По площади (в %)			
6,4	15,6	51,1	18,4	7,4	1,1
		По запасу (в %)			
1,6	8,1	49,9	25,8	12,5	2,1

Ежегодный объем заготовки грабовой древесины в лесах УССР составляет около 700 тыс. кубических метров в год.

По материалам основных лесозаготовителей — Министерства лесной промышленности, Министерства городского и сельского строительства, Укрпромсовета и др., выход деловой древесины в грабовых древостоях колеблется от 44 до 52%, в том числе пиловочной древесины от 16 до 24%.

Помимо пиловочника из граба заготовляются: строительный кругляк, кряжи для полозьев, спиц, ободных деталей, а также ряд других специальных сортиментов.

Относительно невысокий процент выхода деловой древесины и ограниченная возможность использования пиломатериалов граба в сельском строительстве, что обусловливается нестойкостью этой древесины в сооружениях, где имеет место большая влажность среды, явились причиной того, что некоторая часть работников лесохозяйственного производства относят эту породу в разряд низкопродуцирующей, малоценной и чуть ли

не сорной древесной растительности, высказываясь за резкое понижение возраста рубки ее в условиях Украины.

По нашему мнению проблема возраста рубки грабняков на Украине, является более серьезной, чем она представляется на первый взгляд. При окончательном решении этого вопроса следует учесть, что до настоящего времени грабовая древесина является, с экономической стороны, пока что незаменимым сырьем для изготовления таких деталей ткацкого производства, как челнок, погонялка, щипальная планка.

На Украине имеется крупнейшее предприятие Советского Союза по изготовлению этих деталей — Кременчугский лесозавод Министерства легкой промышленности СССР.

В настоящее время одно только это предприятие ежегодно перерабатывает в среднем 35 000 *м*³ пиловочной древесины граба, из которого получает, примерно, 4300 *м*³ заготовок: челночных брусьев, щипальной планки и погонялки. Выход основной продукции, как следует из приводимых цифр, составляет 12% от объема поступившего сырья.

Незначительный процент выхода полуфабрикатов объясняется в первую очередь тем, что поступаемые на завод пиловочные бревна граба являются тонкомерными.

Проведенная нами частичная выборка поступившего на завод в течение последних трех лет сырья показала, что средний диаметр поступивших на завод пиловочных бревен граба был равен: в 1953 г. — 17,9 *см*, в 1954 г. — 19,2 *см* и в 1955 г. — 18,1 *см*.

По материалам завода средний процент выхода основной продукции за эти же годы составил: в 1953 г. — 11,7%, в 1954 г. — 12,7% и в 1955 г. — 12%.

Таким образом, увеличение среднего диаметра бревен в 1954 г. по сравнению с 1953 г. на 1,3 *см* дало возможность предприятию повысить выход основной продукции на 1%, что повлекло за собой экономию государственных средств порядка 50—60 тыс. рублей в год.

Особенно резко понижают выход продукции тонкомерные бревна.

Проведенная на заводе опытная распиловка граба показывает, что выход основной продукции, в зависимости от толщины бревен в верхнем отрубе, составляет: при диаметре бревен 14 *см* — менее 1%, при диаметре 15 *см* — 2—3%, а при диаметре 22—28 *см* — 16—20%.

Результаты этой распиловки дают основание сделать вывод, что при поступлении на завод сырья со средним диаметром в 22 *см* позволит повысить выход основной продукции минимум до 16% против 12%, которые имеют место на сегодня, а это даст возможность предприятию ежегодно экономить несколько сот тысяч рублей государственных средств.

Крупномерная грабовая древесина, обладая целым рядом положительных качеств, представляет собою не только ценнейшее сырье для изготовления деталей ткацкого производства, но что очень важно, она может быть с успехом использована для изготовления паркета, мебели и целого ряда других предметов народного потребления.

Поэтому вопрос о возрасте рубки грабовых насаждений, который приобретает в связи с разработкой генерального плана развития лесного хозяйства УССР исключительную остроту, должен быть решен в том же плане, как он решается в отношении других древесных пород, а именно: с учетом получения максимального количества древесины необходимого качества в наиболее короткие сроки.

В целях изучения роста и товарной структуры грабовых насаждений, как основы для установления возраста рубки их, кафедрой лесной так-

сации УСХА и 5-ой Экспедицией треста «Леспроект» в течение 1953—1955 гг. в лесхозах Тернопольской, Винницкой, Хмельницкой и ряда других областей УССР было заложено в общей сложности 58 пробных площадей, распределение которых по происхождению, классам возраста и классам бонитета приводится ниже (табл. 2).

Таблица 2

Распределение пробных площадей по происхождению, классам возраста и классам бонитета

Класс бонитета \ Класс возраста	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Итого
Семенные грабовые насаждения									
I		2	2	2	1	—	—	—	7
II		1	2	1	5	5	5	1	20
III		—	1	—	2	1	—	1	5
Итого		3	5	3	8	6	5	2	32
Порослевые грабовые насаждения									
I		—	1	1	1	—	—	—	3
II		1	1	5	4	1	1	—	13
III		1	4	2	1	2	—	—	10
Итого		2	6	8	6	3	1	—	26

Не имея возможности привести здесь подробную таксационную характеристику заложенных пробных площадей, отметим лишь, что последние закладывались в одновозрастных насаждениях, преимущественно чистых по составу или с незначительной примесью других пород, с полнотой от 0,70 и выше.

Обработка материалов производилась по принятым в таксации приемам и методам с выравниванием полученных средних величин графическим путем.

Полнота, равная единице, находилась по тем пробным площадям, которые были заложены в наиболее полных насаждениях. Сортиментация запасов производилась по результатам фактической раскряжовки модельных деревьев, которые рубились на каждой пробной площади по классам или ступеням толщины, в количестве от 3 до 20 штук.

Результаты выполненной работы приведены в таблице 3.

Анализируя приводимые в таблице цифровые величины, можно отметить следующее:

1. Кульминация среднего прироста по запасу в семенных насаждениях граба наступает в возрасте от 50 до 55 лет, а в порослевых в возрасте от 35 до 40 лет.

2. Кульминация среднего прироста по деловой древесине наступает: в семенных насаждениях в возрасте 60 лет, а в порослевых в возрасте 50 лет.

3. Максимум среднего прироста по крупной и средней деловой древесине имеет место в насаждениях как семенного, так и порослевого граба в возрасте 80 лет.

4. По запасу стволовой древесины порослевые грабовые насаждения I класса бонитета по сравнению с порослевыми дубовыми насаждениями (по табл. Шустова) оказываются более продуктивными. Разница в запасах колеблется от + 10 до + 25%.

Таблица 3

Ход роста и товарная структура сомкнутых грабовых насаждений

Возраст (лет)	Высота (в *м*)	Диаметр (в *см*)	Запас стволовой древесины (в $м^3$)	В том числе:					
				крупная 25 *см* и > (в $м^3$)	средняя 24—20 *см* (в $м^3$)	средняя 19—13 *см* (в $м^3$)	мелкая 12—4 *см* (в $м^3$)	дрова (в $м^3$)	отходы (в $м^3$)
А. Семенные грабовые насаждения									
Бонитет I									
20	9,3	7,8	69						
25	11,5	10,3	100	—	—	3	62	24	11
30	13,5	12,5	132	—	—	17	71	31	13
35	15,2	14,5	163	—	3	39	70	36	15
40	16,7	16,3	193	—	11	59	66	40	17
45	18,0	17,9	221	4	24	72	58	44	19
50	19,1	19,3	247	7	39	83	50	47	21
55	20,1	20,6	271	11	56	89	43	50	22
60	21,0	21,7	293	17	72	91	38	52	23
65	21,8	22,6	313	24	85	92	34	55	23
70	22,5	23,4	331	33	96	90	31	58	23
75	23,1	24,1	347	45	102	87	30	60	23
80	23,7	24,7	362	54	110	83	29	62	24
Бонитет II									
20	8,0	6,2	52						
25	9,9	8,3	77						
30	11,6	10,3	102			3	64	24	11
35	13,1	12,2	126			14	70	29	13
40	14,4	13,9	149		1	30	72	32	14
45	15,5	15,4	171		5	48	67	36	15
50	16,5	16,7	191	2	13	59	62	39	16
55	17,4	17,8	210	4	22	69	56	42	17
60	18,2	18,7	227	7	31	75	52	44	18
65	18,9	19,5	243	8	40	81	48	46	20
70	19,5	20,2	257	10	48	85	45	48	21
75	20,0	20,8	270	13	57	86	42	50	22
80	20,5	21,3	282	16	63	88	41	51	23
Бонитет III									
20	6,5	4,4	36						
25	8,2	6,3	55						
30	9,7	8,1	74						
35	11,0	9,7	92			1	59	22	10
40	12,1	11,2	109			7	65	25	12
45	13,1	12,5	125			17	68	28	12
50	14,0	13,7	140		1	28	67	31	13
55	14,8	14,7	154		3	39	65	33	14
60	15,5	15,6	167		7	47	63	35	15
65	16,1	16,3	179		11	55	61	37	15
70	16,6	16,9	190	2	15	60	59	39	15
75	17,0	17,4	200	3	18	65	58	40	16
80	17,4	17,8	209	4	21	70	56	41	17
Б. Порослевые грабовые насаждения									
Бонитет I									
20	12,5	9,9	121			2	77	29	13
25	14,8	11,8	160			14	93	37	16
30	16,7	13,6	198		2	39	95	44	18
35	18,3	15,3	233		7	66	91	49	20

Продолжение табл. 3

Возраст (лет)	Высота (в *м*)	Диаметр (в *см*) и>	Запас стволовой древесины (в $м^3$)	В том числе:					
				крупная 25 *см* (в $м^3$) и >	средняя 24—20 *см* (в $м^3$)	средняя 19—13 *см* (в $м^3$)	мелкая 12—4 *см* (в $м^3$)	дрова (в $м^3$)	отходы (в $м^3$)
40	19,6	16,9	265	3	21	85	82	53	21
45	20,7	18,4	294	9	38	97	71	56	23
50	21,7	19,8	321	12	58	107	59	60	25
55	22,6	21,1	345	21	80	106	49	63	26
60	23,4	22,3	367	29	99	106	41	66	26
65	24,1	23,4	388	42	113	102	36	68	27
70	24,7	24,4	407	57	122	98	32	70	28
75	25,3	25,3	424	75	130	91	27	73	28
80	25,8	26,1	440	93	137	84	22	75	29
				Бонитет II					
20	10,4	8,1	92	—					
25	12,5	9,9	122	—	—	3	77	29	13
30	14,2	11,5	150	—	—	12	89	34	15
35	15,6	13,0	176	—	—	28	92	39	17
40	16,8	14,4	200	—	4	48	85	43	18
45	17,8	15,7	222	—	11	65	81	46	19
50	18,7	16,9	243	2	19	78	75	49	20
55	19,5	18,0	262	5	31	85	69	51	21
60	20,2	19,0	279	8	45	89	62	53	22
65	20,8	19,9	295	12	55	95	55	55	23
70	21,3	20,7	309	16	67	97	49	57	23
75	21,8	21,4	321	19	78	99	43	58	24
80	22,2	22,0	332	23	86	100	39	59	25
				Бонитет III					
20	8,2	6,2	64						
25	10,1	7,8	86						
30	11,6	9,3	107			1	68	25	13
35	12,9	10,7	127			5	78	30	14
40	14,0	11,9	145			14	83	33	15
45	14,9	13,0	162			25	85	36	16
50	15,7	14,0	177		2	37	83	39	16
55	16,4	14,9	191		6	50	78	40	17
60	17,0	15,7	204		10	61	74	42	17
65	17,5	16,4	215		15	68	71	43	18
70	17,9	17,0	225	2	19	73	68	45	18
75	18,3	17,5	234	5	22	77	66	46	18
80	18,6	17,9	242	6	26	81	64	47	18

Насаждения II класса бонитета граба имеют по сравнению с дубовыми насаждениями больший запас лишь до возраста 60 лет. Разница здесь составляет от + 10 до + 17%.

По III бонитету существенной разницы в запасах не наблюдается.

Семенные грабовые насаждения в пределах соответствующих классов бонитета дают меньшие запасы.

ВЫВОДЫ

1. Возраст рубки семенных грабовых насаждений должен быть установлен во всех случаях не ниже 51 года, т. е. возраста количественной спелости. В отдельных случаях, когда хозяйство ведется на выращивание специальных сортиментов граба, например, пиловочника, возраст рубки семенных грабовых насаждений должен быть установлен не ниже 65 лет.

В этом случае можно рассчитывать на получение пиловочных бревен при средней длине в 3 *м* и среднем диаметре в верхнем отрубе в 16—17 *см*.

2. Возраст рубки порослевых грабовых насаждений должен быть установлен не ниже 41 года, т. к. только к этому времени эти насаждения достигают возраста количественной спелости.

Лишь в отдельных случаях, когда древостои граба относятся к низкому классу товарности, возможно ставить вопрос о рубке их в более молодом возрасте.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. В. ДАВИДОВ,
профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДА РОСТА СЕМЕННЫХ ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УССР

По статистическим сведениям * в УССР, по состоянию на 1.I. 1954 г., общая площадь, занимаемая семенными дубовыми насаждениями, составляла около 1 млн. гектаров. Общий запас их, по тем же сведениям, исчисляется, примерно, в 100 млн. кубических метров.

Ознакомление с распределением насаждений семенного дуба по возрастным категориям показывает, что приблизительно 90% всей площади, занятой им, приходится на молодняки (66%) и средневозрастные насаждения (24%), остальная площадь представлена приспевающими и спелыми древостоями.

Значение и роль дубовых лесов УССР, произрастающих в степных и лесостепных районах, неизмеримо велико. Подробное их описание мы находим в известной работе А. Б. Жукова**.

Здесь можно было бы назвать и еще ряд крупных работ о дубравах: академика Высоцкого, Коржинского, Кравчинского, Г. Ф. Морозова и др. Однако работ, посвященных динамике роста семенных дубовых насаждений, опубликовано очень мало.

В нашей таксационной литературе известны работы проф. Шустова ***, в которых дается описание отдельных пробных площадей, заложенных в семенных дубовых насаждениях, рассматривается вопрос о бонитетах дубовых насаждений и о некоторых особенностях роста семенного дуба.

Вопрос о ходе роста семенных дубовых насаждений некоторое освещение получил в трудах немецких лесных опытных станций. Общеизвестны работы Гартига (1893), Вимменаура (1918) и Шваппаха (1920), в которых даются таблицы хода роста насаждений семенного дуба для различных районов Германии.

За отсутствием отечественных таблиц хода роста для семенного дуба в нашей лесохозяйственной практике, в частности в УССР, применялись таблицы Вимменаура, помещенные в последнем издании Справочника таксатора.

До сих пор, насколько известно из литературы, не ставился еще вопрос о том, в какой мере эти таблицы отражают ход роста и продуктивность

* Справочник статистических сведений по лесному хозяйству УССР, Киев, 1954 (машинопись).

** Жуков А. Б., Дубравы УССР и способы их восстановления, ВНИИЛХ, т. I, вып. 28, 1949.

*** Шустов Б. А., К вопросу о ходе роста дубовых высокоствольников, Труды по лесному опытному делу, 1909, вып. 17, См. также вып. 28 за 1911 г.

дубовых насаждений, произрастающих в УССР. Между тем этот вопрос имеет большое значение для лесохозяйственной практики.

На этом основании кафедра лесной таксации Украинской с.-х. академии в 1954—1955 гг. предприняла специальные исследования хода роста семенных дубовых насаждений. Исследования были сосредоточены в Правобережном Полесье (лесхозы — Дубновский, Житомирский, Новоград-Волынский, Белокоровичский), на территории северной правобережной Лесостепи (Бердичевский лесхоз) и в районе южной правобережной Лесостепи (лесхозы — Чернолесский, Балтский и Голованевский).

За указанные два года было заложено около 70 пробных площадей в типах условий местопроизрастания $Д_1$, $Д_2$ и $Д_3$, представляющих семенные дубравы I, II и III классов бонитета.

Закладка пробных площадей производилась по методу, разработаному ЦНИИЛХ и известному в литературе под названием типолого-графического. Этот метод, описанный в литературе, вполне себя зарекомендовал и с успехом применяется при исследовании хода роста насаждений; поэтому здесь нет необходимости останавливаться на его характеристике.

Анализ обмеренных насаждений показал, что непосредственно для построения таблиц хода роста могут быть использованы 54 пробы.

В нижеследующей таблице дается распределение основного материала по классам возраста и бонитета (табл. 1).

Таблица 1

Распределение основного материала по классам возраста и бонитета

Бонитеты	Классы возраста по двадцатилетиям									Итого
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	
	Число пробных площадей									
I	3	5	10	3	2	—	—	—	1	24
II	1	4	1	2	3	4	2	—	—	17
III	1	4	2	3	1	1	—	1	—	13
Всего . .	5	13	13	8	6	5	2	1	1	54

Из таблицы видно, что наиболее полно представлены насаждения II, III и IV классов возраста, сравнительно ограниченное число проб приходится на спелые насаждения. Эти насаждения, как показал их анализ, в пределах бонитета принадлежат к одному и тому же естественному ряду. Подавляющее большинство проб имеет высокую полноту 0,8—1,0. В прошлом насаждения подвергались более или менее одинаковым лесохозяйственным мероприятиям. Анализ пней в насаждениях, где закладывались пробы, а также данные срубленных моделей свидетельствовали об отсутствии задержки в росте. Колебание в возрасте отдельных моделей в пределах пробы, как правило, не выходило за пределы 7—10 лет, что указывало на одновозрастность каждого из обмеренных насаждений.

Убедившись в доброкачественности собранного материала, можно было использовать его для построения таблиц хода роста, что являлось конечной целью исследования. При этом, в целях контроля был использован и дополнительный материал в количестве 37 проб, собранный 5-ой Киевской экспедицией, «Леспроект», в различных лесхозах УССР.

Приступая к построению таблиц, необходимо было прежде всего установить единицу полноты в обмеренных насаждениях.

При исследовании хода роста порослевых дубовых насаждений * этот вопрос был успешно разрешен на основании 45 пробных площадей, принадлежащих к разным бонитетам и характеризующихся максимальными запасами и суммами площадей сечений на 1 *га*.

Используя известные из теории лесной таксации приемы для установления абсолютной полноты насаждений, мы установили для порослевых дубняков, независимо от возраста и бонитета, корреляцию между средними высотами насаждений, суммами площадей сечения и запасами на гектар. При установлении полноты 1,0 для семенных дубовых насаждений естественно было использовать результаты предшествующих исследований в этой области. Для этой цели из основного материала были извлечены

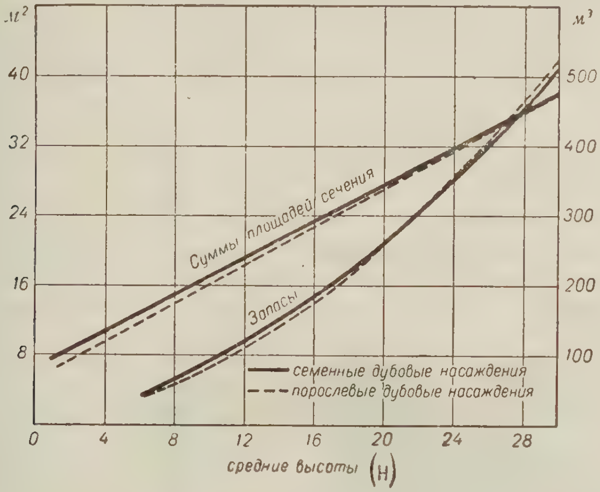


Рис. 1. Зависимость между средними высотами, суммами площадей сечений и запасами.

пробы с наибольшими запасами и суммами площадей сечения на 1 *га* для данного возраста и бонитета, полнота которых при глазомерной таксации была принята за единицу. Данные этих проб были сопоставлены с соответствующими показателями, характеризующими наиболее полные и производительные насаждения порослевого дуба.

На приводимом ниже графике видно, что при одинаковых средних высотах (Н), независимо от возраста и бонитета, семенные и порослевые дубняки имеют весьма близкие суммы площадей сечения (*G*) и запасы (*M*) на 1 *га*; причем корреляция между Н и *G* для семенных насаждений дуба выражается на графике прямой линией, а между Н и *M* — некоторой параболической кривой.

В дальнейшем, располагая таксационной характеристикой обмеренных насаждений, приведенных к одной полноте (1,0), необходимо было построить таблицы хода роста для главной и вырубаемой части насаждения.

Эта работа была выполнена графическим методом, представляющим большие удобства при такого рода исследованиях. При построении кривых хода роста по тому или другому таксационному признаку производилась

* М. В. Давидов, Новые исследования хода роста порослевых дубовых насаждений, Труды Украинской с.-х. академии, том VIII, 1956.

Таблица 2

Таблица хода роста сомкнутых семенных дубовых насаждений

Возраст (лет)	Главная часть насаждения								Естественный отпад			Общая продуктивность		
	Средняя высота (в *м*)	Средний диаметр (в *см*)	Число стволов на 1 *га* (в шт.)	Сумма площадей сечения на 1 *га* (в $м^2$)	Запас стволовой древесины на 1 *га* (в $м^3$)	Прирост на 1 *га* (в $м^3$): средний	Прирост на 1 *га* (в $м^3$): текущий	Видовое число 0,001	Число стволов на 1 *га* (в шт.)	Запас на 1 *га* (в $м^3$)	Сумма запасов на 1 *га* (в $м^3$)	Запас на 1 *га* (в $м^3$)	Прирост на 1 *га* (в $м^3$): средний	Прирост на 1 *га* (в $м^3$): текущий
I бонитет (влажная дубрава)														
20	8,9	8,2	3060	16,2	81	4,0	—	564	—	—	—	81	4,0	—
30	13,3	13,1	1549	20,9	144	4,8	6,3	520	1511	19	19	163	5,4	8,2
40	16,9	17,7	1005	24,7	206	5,1	6,2	495	544	21	40	246	6,2	8,3
50	19,8	22,1	722	27,7	262	5,2	5,6	479	283	25	65	327	6,5	8,1
60	22,1	26,3	557	30,2	314	5,2	5,2	470	165	26	91	405	6,7	7,8
70	24,0	30,4	444	32,2	361	5,1	4,7	466	113	28	119	480	6,8	7,5
80	25,8	34,4	367	34,1	405	5,1	4,4	460	77	28	147	552	6,9	7,2
90	27,3	38,2	311	35,6	444	4,9	3,9	456	56	30	177	621	6,9	6,9
100	28,6	41,9	269	37,0	478	4,8	3,4	453	42	31	208	686	6,8	6,5
110	29,6	45,5	234	38,0	508	4,6	3,0	451	35	31	239	747	6,8	6,1
120	30,4	49,0	206	38,9	533	4,4	2,5	450	28	31	270	803	6,7	5,6
130	31,2	52,4	184	39,7	555	4,3	2,2	448	22	30	300	855	6,6	5,2
140	31,8	55,7	165	40,3	573	4,1	1,8	447	19	29	329	902	6,5	4,7
150	32,3	58,9	150	40,8	587	3,9	1,4	446	15	28	357	944	6,3	4,2
160	32,6	61,9	137	41,2	597	3,7	1,0	445	13	27	384	981	6,1	3,7
II бонитет (свежая дубрава)														
20	7,7	6,1	5173	15,0	67	3,3	—	580	—	—	—	67	3,4	—
30	11,1	9,7	2514	18,6	110	3,7	4,3	536	2659	17	17	127	4,2	6,0
40	14,0	13,5	1518	21,7	155	3,9	4,5	511	996	19	36	191	4,8	6,4
50	16,6	17,3	1039	24,4	200	4,0	4,5	495	479	21	57	257	5,1	6,6
60	18,9	21,1	766	26,8	244	4,1	4,4	485	273	23	80	324	5,4	6,7
70	20,9	24,9	594	28,9	286	4,1	4,2	475	172	25	105	391	5,6	6,7
80	22,6	28,6	478	30,7	326	4,1	4,0	470	116	26	131	457	5,7	6,6
90	24,1	32,3	395	32,3	363	4,0	3,7	466	83	27	158	521	5,8	6,4
100	25,5	35,9	334	33,8	397	4,0	3,4	461	61	27	185	582	5,8	6,1
110	26,6	39,4	286	34,9	425	3,9	2,8	457	48	27	212	637	5,8	5,5
120	27,5	42,9	248	35,9	450	3,8	2,5	456	38	27	239	689	5,7	5,2
130	28,3	46,4	217	36,7	471	3,6	2,1	454	31	26	265	736	5,6	4,7
140	28,9	49,6	193	37,3	488	3,5	1,7	453	24	25	290	778	5,5	4,2
150	29,3	52,6	174	37,7	500	3,3	1,2	453	19	24	314	814	5,4	3,6
160	29,6	55,3	158	38,0	508	3,2	0,9	452	16	23	337	845	5,3	3,1
III бонитет (сухая дубрава)														
20	5,6	3,6	12550	12,9	44	2,2	—	610	—	—	—	44	2,2	—
30	8,4	6,7	4490	15,7	75	2,5	3,1	572	8060	17	17	92	3,1	4,8
40	11,0	10,0	2372	18,5	108	2,7	3,3	534	2118	18	35	143	3,6	5,1
50	13,2	13,5	1455	20,8	142	2,8	3,4	518	917	20	55	197	3,9	5,4
60	15,3	17,0	1014	23,0	177	3,0	3,5	505	441	20	75	252	4,2	5,5
70	17,2	20,7	745	25,0	212	3,0	3,5	493	269	21	96	308	4,4	5,6
80	19,1	24,3	582	27,0	247	3,1	3,5	480	163	21	117	364	4,5	5,6
90	20,6	27,9	468	28,6	280	3,1	3,3	475	114	22	138	418	4,6	5,4
100	21,9	31,5	386	30,0	310	3,1	3,0	472	82	22	160	470	4,7	5,2
110	23,0	35,0	323	31,1	336	3,0	2,6	470	63	22	182	518	4,7	4,8
120	23,9	38,4	276	32,0	358	3,0	2,2	468	47	21	203	561	4,7	4,3
130	24,6	41,6	241	32,8	375	2,9	1,7	465	35	20	223	598	4,6	3,7
140	25,1	44,6	214	33,4	388	2,8	1,3	463	27	18	241	629	4,5	3,1
150	25,5	47,3	192	33,8	397	2,7	0,9	461	22	17	258	655	4,4	2,6
160	25,8	49,8	175	34,1	405	2,5	0,8	459	17	15	273	678	4,2	2,3

проверка и взаимная их увязка между собою. Такой контроль давал возможность получить и наиболее достоверные данные.

В конечном итоге на основании построенных кривых полученные цифровые данные были сведены в одну таблицу (см. табл. 2).

О точности составленной таблицы и согласовании с основным материалом, использованным при ее построении, можно судить по средним процентам отклонений, полученным для главнейших таксационных признаков: средней высоты, среднего диаметра * и запаса (табл. 3).

Таблица 3

Средние проценты отклонений

Таксационные признаки	I бонитет		II бонитет		III бонитет	
	+	—	+	—	+	—
Средняя высота	4,0	4,3	3,2	3,7	5,1	6,0
Средний диаметр	4,1	4,3	5,7	5,9	5,7	2,7
Запас на 1 *га*	4,8	4,8	4,6	5,9	2,0	4,7

Расхождения между данными основного материала и выравненными графически, как видим, получились приемлемыми, так как они не выходят за пределы допустимой погрешности при определении указанных таксационных признаков. На этом основании можно было считать, что таблица построена правильно. В дальнейшем необходимо было произвести сопоставление полученных данных с опубликованными. Для этой цели были использованы таблицы Вимменаура и стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов, помещенные в справочнике таксатора.

Как видим из приводимых ниже данных, средние высоты по таблицам Вимменаура оказались выше по сравнению с данными вновь составленной таблицы. Наиболее существенные расхождения при этом наблюдаются в I бонитете и менее значительная разница в III бонитете.

Данные о ходе роста средних диаметров, по Вимменауру, в I бонитете оказались также выше, чего однако нельзя сказать о II и III бонитетах, где расхождения получились незначительные (табл. 4.).

Таблица 4

Разница в средних высотах и диаметрах по данным Вимменаура

Возраст	Разница в средних высотах (в *м*)			Разница в среднем диаметре (в *см*)		
	Бонитет			Бонитет		
	I	II	III	I	II	III
20	+0,4	—0,2	—0,2	+1,7	—0,9	+0,1
50	+2,0	+1,3	+0,7	+1,6	+0,2	+0,3
70	+2,3	+1,5	+1,0	+1,4	—0,1	—0,3
100	+2,3	+1,4	+0,9	+2,4	—0,9	—1,8
120	+2,5	+1,7	+1,3	+2,5	—1,3	—2,8
150	+2,7	+2,4	+2,4	+2,4	—2,2	—3,4

* При этом необходимо иметь в виду, что в составленной таблице (2) представлен наиболее типичный вариант хода роста средних диаметров.

Дальнейшее сравнение, при обнаруженной разнице в ходе роста средних высот, целесообразно вести уже при одинаковых средних высотах.

Располагая данными о средних высотах, суммах площадей сечения и запасах по разным источникам и принимая результаты наших исследований за 100%, мы получим следующие проценты расхождения по данным Вимменаура и стандартной таблицы (табл. 5).

Таблица 5

Процент расхождения по данным Вимменаура и стандартной таблицы

Бонитет	Средняя высота (в м)						
	18	20	22	24	26	28	30
Расхождение в суммах площадей сечения на 1 га (в %) по данным Вимменаура							
I	−10,0	−10,7	−10,9	−11,5	−11,6	−11,5	−11,9
II	− 4,3	− 4,6	− 5,7	− 5,9	− 6,1	− 6,6	—
III	+ 1,2	+ 0,7	− 0,3	− 0,6	− 1,4	—	—
По данным стандартной таблицы							
	+ 1,9	+ 1,1	+ 0,3	− 0,3	− 1,4	− 2,7	− 1,9
Расхождение в запасах на 1 га (в %) по данным Вимменаура							
I	−14,7	−8,9	−12,8	−6,5	−3,4	−2,5	−6,3
II	−10,9	−6,0	− 5,8	−3,1	−3,2	−3,2	—
III	+ 0,8	+3,7	+ 4,5	+2,5	+0,7	—	—
По данным стандартной таблицы							
I	− 6,5	− 8,3	− 8,4	− 8,8	− 8,9	− 9,7	−10,9
II	− 7,6	− 8,9	− 8,6	− 8,8	− 8,7	− 8,8	—
III	− 6,1	− 7,9	− 7,9	− 7,3	− 6,3	—	—

Суммы площадей сечений в таблицах Вимменаура, в I и II бонитетах, оказались ниже, в особенности для I бонитета. Здесь отклонения имеют систематический характер, чего однако нельзя сказать относительно III бонитета. Суммы площадей сечения стандартной таблицы весьма близки к результатам наших исследований и очень мало отличаются от данных III бонитета по Вимменауру

Запасы в таблицах Вимменаура, в соответствии с суммами площадей сечения, оказались несколько преуменьшенными в I и II бонитетах; в III бонитете наблюдается незначительное преувеличение запасов.

Запасы в стандартной таблице, как выяснилось, занижены на 6—10% во всех трех классах бонитета.

Чтобы окончательно убедиться в наличии систематической погрешности в рассматриваемых таблицах, обычно используемых при таксации семенных дубовых насаждений, мы произвели некоторые расчеты по определению их запаса, исходя из площади, занимаемой ими в УССР, распределению ее по бонитетам, группам возраста и полноте. Вычисления подтвердили результаты наших исследований. По данным вновь составленных таблиц общий запас семенных дубовых насаждений в УССР составляет 108 млн. кубических метров, тогда как по данным лесоустройства (на 1/I 1945 г.) 96 млн. кубических метров, т. е. на 12 млн. кубических метров меньше.

Наше исследование было бы незаконченным, если не дать сравнительной оценки роста семенных и порослевых насаждений дуба, хотя этот вопрос и обсуждался в литературе *.

Анализируя ход роста в высоту, можно убедиться в том, что порослевые дубняки до 60—70-летнего возраста растут значительно быстрее, чем семенные насаждения дуба; однако в более позднем возрасте прирост по высоте у порослевого дуба заметно падает, а средние высоты, в пределах бонитета, к 90—100-летнему возрасту примерно одинаковы.

В ходе роста средних диаметров порослевых и семенных дубняков наблюдаются следующие особенности: до 60—70-летнего возраста средние диаметры в порослевых насаждениях во всех бонитетах на 2—4 *см* выше по сравнению с семенными, но в более старшем возрасте энергия роста по диаметру у порослевого дуба заметно ослабевает по сравнению с семенным и к 100-летнему возрасту средний диаметр в семенных насаждениях I и II бонитета оказывается на 3—5 *см* выше.

Отмеченный ход роста средних диаметров в исследованных семенных дубовых насаждениях является наиболее типичным. Однако наряду с этим, как показали данные отдельных пробных площадей, в виде исключения в пределах бонитета наблюдаются и существенные отклонения от указанного хода роста средних диаметров.

Оказалось, что в пределах бонитета встречаются такие насаждения семенного дуба, у которых ход роста по диаметру почти не отличается от того, что установлено было для насаждений, имеющих бонитет на один класс выше или ниже. К примеру, в ходе роста по диаметру в насаждениях II бонитета могут быть такие варианты, что один из них может соответствовать насаждениям I бонитета, а другой — III бонитету. Поэтому при практическом применении составленных таблиц необходимо иметь в виду отмеченные особенности в ходе роста средних диаметров семенных дубовых насаждений.

Исследуя ход изменения текущего и среднего приростов по запасу, можно заметить, что возраст количественной спелости в семенных дубовых насаждениях наступает на 40—50 лет позднее, чем в порослевых насаждениях.

Подводя итог настоящему исследованию, можно придти к следующим выводам.

ВЫВОДЫ

В лесах УССР до сих пор еще не был исследован ход роста семенных дубовых насаждений.

За отсутствием отечественных таблиц хода роста для семенного дуба, лесохозяйственная практика пользовалась немецкими таблицами, составленными Вимменауром.

С целью проверки этих таблиц кафедрой лесной таксации было предпринято исследование хода роста семенных дубовых насаждений, произрастающих в УССР. В основу работы был положен типологографический метод. В результате были составлены новые таблицы хода роста семенных дубовых насаждений для первых трех классов бонитета.

---

* Науменко И. М., Ход роста порослевого и семенного дуба в Шиповом лесу, Записки Воронежского с.-х. института, том VIII, 1927.

При построении таблиц были обнаружены следующие закономерности в развитии семенных дубовых насаждений.

1. При одинаковых средних высотах и полноте независимо от возраста и бонитета семенные дубовые насаждения имеют равные суммы площадей сечения и запасы на 1 *га*.

2. Рост в высоту и по диаметру в семенных насаждениях до 60—70-летнего возраста идет значительно медленнее, чем в порослевых. В более старшем возрасте происходит падение прироста по высоте и диаметру у порослевого дуба, вследствие чего средние высоты к 90—100-летнему возрасту оказываются примерно одинаковыми по сравнению с семенным дубом, а средние диаметры — значительно (на 3—5 *см*) ниже.

3. Возраст количественной спелости в семенных дубовых насаждениях наступает на 40—50 лет позднее, чем в насаждениях порослевых.

4. Сравнение результатов исследования с данными немецких таблиц хода роста, составленных Вимменауром, показало, что в нашей лесохозяйственной практике ими пользоваться нецелесообразно.

Как установлено, по таблицам Вимменаура средняя высота в высших бонитетах на 2—3 *м* выше по сравнению с данными новых таблиц хода роста, составленных для УССР.

Эти таблицы, при одинаковых средних высотах с вновь составленными таблицами, дают систематическое преуменьшение запасов, достигающее в среднем 6—10% в насаждениях I и II классов бонитета, наиболее распространенных в УССР.

Проверка стандартной таблицы сумм площадей сечения и запасов показала, что данные этой таблицы также преуменьшают запасы семенных дубовых насаждений во всех бонитетах в среднем на 6—9%, что необходимо иметь в виду при пользовании ею.

Новые таблицы хода роста для семенного дуба лишены отмеченных выше недостатков. Анализ их показал, что запасы в них исчислены с точностью ±2—6%, а высоты и диаметры с точностью ±3—6%. На этом основании ими можно пользоваться в производстве, как пособием при таксации семенных дубовых насаждений в УССР.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Ю. М. РУДЕНКО.
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ СПОСОБОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЦЕНТА ТЕКУЩЕГО ОБЪЕМНОГО ПРИРОСТА РАСТУЩИХ ДЕРЕВЬЕВ

Текущий прирост по объему растущих деревьев определяется по проценту. Применяемые для этой цели формулы дают неодинаковые результаты. Но вопросы о размерах расхождений между процентами, полученными по этим формулам, об обусловливающих эти расхождения факторах, а также об использовании процентов для определения абсолютного прироста без систематических ошибок не нашли должного разрешения в теории лесной таксации. Настоящая статья ставит своей целью осветить эти вопросы, учитывая, что они имеют не только теоретическое, но и практическое значение.

Для определения процента текущего объемного прироста растущих деревьев обычно применяются следующие формулы:

Шнейдера — $p_ш = \frac{Ki}{d_a} = \frac{200ki}{d_a}$ (1), Пресслера — $p_п = \frac{r^к - (r-1)^к}{r^к + (r-1)^к} \times \frac{200}{n}$ (2), Турского — $p_т = (2 + k_т)\frac{d_a - d_{a-n}}{d_a + d_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} = kp''_d$ (3).

В этих формулах: d_a и d_{a-n} — диаметры дерева на 1,3 *м* без коры в возрасте a лет и n лет тому назад; i — средняя толщина годичного слоя за n лет; r — относительный диаметр — $\frac{d_a}{d_a - d_{a-n}}$; $K = 200\,k$; $k_т = k - 2$; k — коэффициент, значение которого в лесной таксации обосновывается соотношением высот (h) и диаметров деревьев на 1,3 *м* в возрасте a и $a-n$ лет при допущении, что видовые числа (f) не изменяются. Для всех формул k имеет такие значения: 2 — при $h_a = h_{a-n}$, 3 — при $\frac{h_a}{h_{a-n}} = \frac{d_a}{d_{a-n}}$ и 4 — при $\frac{h_a}{h_{a-n}} = \left(\frac{d_a}{d_{a-n}}\right)^2$. При других соотношениях высот k выражается дробными числами.

В основу способа Шнейдера положен процент прироста — $p'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot \frac{100}{n}$, а способов Пресслера и Турского — $p''_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a - v_{a-n}} \times \frac{200}{n}$, где v_a — объем ствола без коры в a лет, а v_{a-n} — объем n лет тому

назад. Размеры p'_v и p''_v неодинаковы: p'_v меньше, чем p''_v. Очевидно, что проценты по рассматриваемым формулам при одинаковых k также неодинаковы. Но, как показывают приведенные ниже сопоставления, различие между процентами по формуле Шнейдера, с одной стороны, и по формулам Пресслера и Турского, с другой, при одинаковых k значительно меньше того, которое наблюдается между p'_v и p''_v. Вследствие этого встает ряд следующих вопросов, разрешение которых входит в задачу настоящего исследования:

1. Какое различие наблюдается между процентами прироста по Шнейдеру, Пресслеру и Турскому (форм. 1, 2, 3) при одинаковых k и при каких условиях.

2. Какому из двух следующих процентов соответствуют проценты по Шнейдеру, Пресслеру и Турскому при одинаковых k:

$$p'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot \frac{100}{n} = \frac{z_v}{v_a} \cdot \frac{100}{n} \quad (4),$$

$$p''_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a + v_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{z_v}{2v_a - z_v} \cdot \frac{200}{n} \quad (5),$$

и в связи с этим — по какой из формул, вытекающих из равенств 4 и 5, должен определяться абсолютный текущий прирост:

$$z_v^{\text{тек}} = \frac{z_v}{n} = \frac{p_v v_a}{100} \quad (6), \qquad z_v^{\text{тек}} = \frac{z_v}{n} = \frac{2p''_v v_a}{200 + np''_v} \quad (7).$$

В этих формулах: z_v — n-летний прирост по объему, а $z_v^{\text{тек}}$ — текущий прирост по объему.

3. Какой зависимости должны удовлетворять размеры k в формулах Шнейдера, Пресслера и Турского, чтобы полученные по ним проценты соответствовали равенствам 4 и 5.

4. Какими факторами обусловливаются размеры k в указанных формулах.

Для разрешения поставленных вопросов формулы 1, 3, 4 и 5 были преобразованы с таким расчетом, чтобы проценты прироста выражались ими аналогично формуле Пресслера через относительный диаметр r и коэффициент k. Было принято также, что процент прироста по Шнейдеру $p_{ш}$ (форм. 1) совпадает с процентом $p'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot \frac{100}{n}$ (форм. 4) и что в формулах Пресслера и Турского k имеет то же значение, что и в формуле Шнейдера.

Выразим сначала через r и k проценты $p_{ш}$ и p'_v (форм. 1 и 4):

$$p_{ш} = p'_v = \frac{Ki}{d_a} = \frac{200ki}{d_a} = \frac{200kni}{nd_a} = kp'_d = \frac{100k}{rn} \quad (8).$$

Процент по Турскому (форм. 3) через r и k выразится так:

$$p_{т} = kp''_d = \frac{k(d_a - d_{a-n})}{d_a + d_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{kz_d}{2d_a - z_d} \cdot \frac{200}{n} = \frac{200k}{(2r-1)n} \quad (9).$$

Процент $p''_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a + v_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{z_v}{2v_a - z_v} \cdot \frac{200}{n}$ (форм. 5) после замены z_v равным ему $\frac{np'_v v_a}{100}$ согласно формуле 6, а затем p'_v его значением

$\frac{100k}{rn}$ по формуле 8, получит следующие выражения:

$$p''_v = \frac{200p'_v}{200 - np'_v} \quad (10), \qquad p''_v = \frac{200k}{(2r - k)n} \quad (11).$$

В таблице 1 приведены значения n-летнего процента прироста по Шнейдеру, Турскому, Пресслеру и p''_v, вычисленные по формулам 8, 9, 2 и 11 при различных r и $k = 2$, 3, 4, в том числе и для таких сочетаний r и k, которые, как показали анализы стволов, обыкновенно не наблюдаются: при $k = 2$ и $r = 2$; при $k = 3$ и r до 4; при $k = 4$ и r примерно до 10. Сделано это с той целью, чтобы получить более полное представление о тенденциях в изменении процентов прироста в зависимости от r и k. Данные для этих сочетаний в таблицах показаны курсивом.

Таблица 1

n-летний процент объемного прироста по формулам при различных r и k

Относительный диаметр (r)	$k = 2$				$k = 3$				$k = 4$			
	По Шнейдеру — $np_ш = np'_v = \frac{100k}{r}$	По Турскому — $np_т = \frac{200k}{2r-1}$	По Пресслеру — $np_п = \frac{r^k-(r-1)^k}{r^k+(r-1)^k}\cdot 200$	$np''_v = \frac{200k}{2r-k}$	По Шнейдеру — $np_ш = np'_v = \frac{100k}{r}$	По Турскому — $np_т = \frac{200k}{2r-1}$	По Пресслеру — $np_п = \frac{r^k-(r-1)^k}{r^k+(r-1)^k}\cdot 200$	$np''_v = \frac{200k}{2r-k}$	По Шнейдеру — $np_ш = np'_v = \frac{100k}{r}$	По Турскому — $np_т = \frac{200k}{2r-1}$	По Пресслеру — $np_п = \frac{r^k-(r-1)^k}{r^k+(r-1)^k}\cdot 200$	$np''_v = \frac{200k}{2r-k}$
1	*200,0*	*400,0*	*200,0*	—	*300,0*	*600,0*	*200,0*	—	*400,0*	*800,0*	*200,0*	—
2	100,0	133,3	120,0	200,0	*150,0*	*200,0*	*155,6*	*600,0*	*200,0*	*266,7*	*176,5*	—
3	66,7	80.0	76,9	100,0	*100,0*	*120,0*	*108,6*	*200,0*	*133,0*	*160,0*	*134,0*	*400,0*
4	50,0	57,1	56,0	66.7	75,0	85,7	81,3	120,0	*100,0*	*114,3*	*103,9*	*200,0*
5	40,0	44,4	43,9	50,0	60,0	66,7	64,6	85,7	*80,0*	*88,9*	*83,8*	*133,0*
10	20.0	21,1	21,0	22,2	30,0	31.6	31,3	35,3	40.0	42,1	41,5	50.0
15	13,3	13,8	13,8	14,3	20.0	20,7	20,6	22,2	26,7	27,6	27,4	30.8
20	10.0	10,3	10.2	10,5	15,0	15.4	15,4	16,2	20.0	20.5	20,4	22.2
25	8.0	8,2	8.2	8,3	12,0	12.2	12,2	12,8	16,0	16,3	16,3	17,4
50	4.0	4,0	4,0	4,1	6.0	6,1	6,1	6,2	8,0	8,1	8.1	8,3
100	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3.0	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	4,1

Примечание. Курсивом показаны проценты при тех сочетаниях r и k, которые обычно не встречаются.

На основании анализа таблицы можно сделать такие выводы:

1. Проценты по Шнейдеру, Пресслеру и Турскому при одинаковых k имеют различные размеры. При условии, что процент по Шнейдеру равен $p'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot \frac{100}{n}$, проценты по Пресслеру и Турскому имеют промежуточные значения между p'_v и $p''_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a + v_{a-n}} \cdot \frac{200}{n}$ и приближаются, как правило, к p'_v; лишь при высоких r абсолютные отклонения процентов по Пресслеру и Турскому от p'_v и p''_v почти одинаковы. Таким образом, при указанном условии для определения абсолютного прироста следует пользоваться формулой 6 — $z_v^{тек} = \frac{p_v v_a}{100}$, а не 7 — $z_v^{тек} = \frac{2p_v v_a}{200 + np_v}$

не только при процентах по Шнейдеру, но и при процентах по способам Пресслера и Турского. При проценте по Шнейдеру текущий прирост по формуле 6 будет найден без систематических ошибок, а при процентах по Пресслеру и Турскому — с преувеличением и, как правило, меньшим, чем по формуле 7.

2. Размеры относительных отклонений процентов по Пресслеру, Турскому и $p''_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a + v_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{200k}{(2r-k)n}$ от процента по Шнейдеру, равного $p'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot \frac{100}{n} = \frac{100k}{rn}$, при одинаковых k обусловливаются относительными диаметрами r, а процентов по Пресслеру и p''_v, кроме того, и значениями k. Так, например, при k, равном 2 и 3, а r — 2,5, 10 и 25, эти отклонения характеризуются следующими процентами:

	При $k = 2$			При $k = 3$		
r	по Пресслеру	по Турскому	p''_v	по Пресслеру	по Турскому	p''_v
2	20	33	100	—	—	—
5	9,8	11	25	7,6	11	43
10	5,0	5,3	11	4,5	5,3	18
25	2,0	2,0	4,2	1,9	2,0	6,4

3. При r свыше 20—25 формулы Шнейдера, Пресслера и Турского дают практически одинаковые результаты с относительной разницей между ними, не превышающей 2,5%. По способам же Пресслера и Турского практически одинаковые проценты получаются при r свыше 4—5.

Если в отличие от приведенных рассуждений, основанных на допущении равенства процентов по Шнейдеру и $p'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot \frac{100}{n}$, принять, что при некоторых значениях k проценты по формулам Турского и Пресслера равны $p''_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a - v_{a-n}} \cdot \frac{200}{n}$, то окажется, что процент по Шнейдеру при тех же k не будет соответствовать ни p'_v, ни p''_v: он будет больше p'_v и меньше p''_v, но ближе к последнему. Поэтому при определении абсолютного прироста по проценту, найденному по способу Шнейдера при этих k, меньшая ошибка получится при пользовании формулой 7 — $z_v^{\text{тек}} = \frac{2p_v v_a}{200 + np_v}$, чем формулой 6 — $z_v^{\text{тек}} = \frac{p_v v_a}{100}$.

Для подтверждения сказанного в таблице 2 приведены в качестве примера n-летние проценты по Шнейдеру ($np_{\text{ш}}$), Турскому ($np_{\text{т}}$) и Пресслеру ($np_{\text{п}}$) при $k = 3$, $r = 5$, 10 и 25 и $np'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot 100$ при допущениях, что $p_{\text{т}} = p''_v$ и $p_{\text{п}} = p''_v$. Значения np'_v при этом найдены по формуле $np'_v = \frac{200p''_v n}{200 + np''_v}$, вытекающей из равенства 10.

Для того чтобы проценты прироста по Пресслеру и Турскому соответствовали p''_v, а по способу Шнейдера — p'_v (а такое соответствие по идее этих способов должно быть), очевидно, что значения k в этих формулах должны быть разными: в формуле Шнейдера — k_1, Турского — k_2 и Пресслера — $k_{\text{п}}$.

Таблица 2

n-летние проценты прироста по Шнейдеру ($np_ш$), Турскому ($np_т$), Пресслеру ($np_п$)

и $np'_v = \frac{v_a - v_{a-n}}{v_a} \cdot 100$

r	n	Проценты прироста				
		по Шнейдеру ($np_ш$)	по Турскому ($np_т$)	по Пресслеру ($np_п$)	$np_v = \frac{200\,p''_v\,n}{200 + np''_v}$	
					При $p''_v = p_т$	При $p''_v = p_п$
5	3	60,0	66,7	64,6	50.0	48.8
10	3	30,0	31,6	31.3	27.3	27,1
25	3	12,0	12,2	12,2	11,5	11.5

Размеры k_1, k_2 и $k_п$ взаимообусловлены. Найдем сначала зависимость между k_1 и k_2, исходя из равенства $p_т = p''_v$. После замены в последнем $p_т$ и p''_v их значениями согласно формулам 3 и 11 с учетом того, что в формуле 3 $k = k_2$, а в формуле 11 $k = k_1$, получим:

$$\frac{k_2(d_a - d_{a-n})}{d_a + d_{a-n}} \cdot \frac{200}{n} = \frac{200k_1}{(2r - k_1)n}; \quad \frac{k_2 2d}{2d_a - 2d} = \frac{k_1}{2r - k_1}; \quad \frac{k_2}{2r - 1} = \frac{k_1}{2r - k_1},$$

откуда

$$k_1 = \frac{2rk_2}{2r + k_2 - 1} \quad (12); \qquad k_2 = \frac{(2r - 1)k_1}{2r - k_1} \quad (13).$$

Тем же путем найдем зависимость между k_1 и $k_п$. Исходя из равенства $p_п = p''_v$, где $p_п = \frac{r^{k_п} - (r-1)^{k_п}}{r^{k_п} + (r-1)^{k_п}} \cdot \frac{200}{n}$ (форм. 2), а $p''_v = \frac{200k_1}{(2r - k_1)n}$ (форм. 11), получим:

$$\frac{r^{k_п} - (r-1)^{k_п}}{r^{k_п} + (r-1)^{k_п}} = \frac{k_1}{2r - k_1}, \text{ откуда } k_п = \frac{\lg \frac{r}{r - k_1}}{\lg \frac{r}{r-1}} \quad (14);$$

$$k_1 = \frac{r^{k_п} - (r - 1^{k_п})}{r^{k_п - 1}} \quad (15).$$

Если в формулах 14 и 15 вместо k_1 подставить равное ему $\frac{2rk_2}{2r + k_2 - 1}$ из равенства 12, то можно получить следующие выражения зависимости между k_2 и $k_п$:

$$k_п = \frac{\lg \frac{2r + k_2 - 1}{2r - k_2 - 1}}{\lg \frac{r}{r-1}} \quad (16); \qquad k_2 = \frac{(2r - 1)\,[r^{k_п} - (r-1)^{k_п}]}{r^{k_п} + (r-1)^{k_п}} \quad (17).$$

Из формул 12—17 видим, что значения каждого из рассматриваемых k обусловлены размерами относительных диаметров r и остальных k.

В таблице 3 для примера приводятся размеры k_1, k_2 и $k_п$, найденные по формулам 12—17 при r —5, 10, 25 и значениях каждого из этих k — 2, 3, 4.

Таблица 3

Соотношение между коэффициентами k в формулах Шнейдера (k_1), Турского (k_2) и Пресслера ($k_п$)

r	Обозначения k	Размеры k_1, k_2 и $k_п$								
		при k_1			при k_2			при $k_п$		
		2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0	4,0
5	k_1	2,00	3,00	*4,00*	1,82	2,50	3,08	1,80	2,44	2,95
	k_2	2,25	3,86	*6,00*	2,00	3,00	4,00	1,98	2,90	3,77
	$k_п$	2,29	4,11	*7,21*	2,03	3,11	4,28	2,00	3,00	4,00
10	k_1	2,00	3,00	4,00	1,90	2,73	3,48	1,90	2,71	3,44
	k_2	2,11	3,35	4,75	2,00	3,00	4,00	1,99	2,98	3,95
	$k_п$	2,12	3,39	4,85	2,01	3,02	4,06	2,00	3,00	4,00
25	k_1	2,00	3,00	4,00	1,96	2,88	3,77	1,96	2,88	3,77
	k_2	2,04	3,13	4,26	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	3,99
	$k_п$	2,04	3,13	4,27	2,00	3,00	4,01	2,00	3,00	4,00

Примечание. При $r = 5$ $k_1 = 4,0$ обычно не встречается.

Из таблицы видно, что разница между k_1, k_2 и $k_п$ увеличивается при увеличении k и уменьшении r. При $r = 10$ и выше разница между k_2 и $k_п$ не превышает 2% и их можно считать практически одинаковыми. Разница же между k_2 и $k_п$, с одной стороны, и k_1 — с другой значительна: при $r = 5$ она может составлять 35% и более по отношению к k_1; даже при $r = 25$ она достигает 6—7%.

Как видим, приведенные соотношения k расходятся с указанным в начале статьи положением о сходстве коэффициентов в рассматриваемых формулах. Причинами этого несоответствия являются некоторые упрощения, сделанные при выводе формул Турского и Шнейдера. Поэтому при тех же значениях k, что и в формуле Пресслера, их следует считать приближенными. Формула Турского получена из приближенного равенства $p_v = 2p_d + p_h + p_f$ при $p_f = 0$ и $p_h = k_т p_d$, откуда $p_т = (2 + k_т)\, p_d$ (форм.3)*. Это равенство дает хорошие результаты при относительно малых p_d, соответствующих высоким r, при которых проценты по Турскому и по Пресслеру, как видно из таблицы 1, совпадают. Формула Шнейдера является приближенной вследствие отбрасывания при ее выводе малых величин и несоответствия условий вывода способу ее применения. При выводе формулы сделано допущение, что прирост определяется за один последний год. Но в действительности он находится как средний за n лет, что влечет за собой увеличение размера отбрасываемой при выводе величины. Так, например, при $h_a = h_{a-n}$, $f_a = f_{a-n}$ и при условии, что процент определяется за последний год — $p_ш = \frac{400\,i}{d} - \frac{400\,i^2}{d^2}$**; при определении же среднего процента за n лет — $p_ш = \frac{400\,i}{d} - \frac{400\,ni^2}{d^2}$. Как видим, отбрасываемый член, в который входит i^2, во втором случае значительно больше, чем в первом, с чем нельзя не считаться. Если $p_ш$ определять как средний за n лет и воспользоваться относительными диаметрами, то в соответствии с приведен-

* Проф. Г. Турский, Очерки по теории прироста, 1925.

** Проф. М. М. Орлов, Лесная таксация, Ленинград, 1929.
Dr. Udo Müller. Lehrbuch der Holzmesskunde. Berlin, 1923.

ными в начале статьи соотношениями h_a и h_{a-n} при $f_a = f_{a-n}$ процент $p_ш$ аналогично формуле Пресслера получит такое точное выражение:

$p_ш = p'_v = \frac{d_a^k - d_{a-n}^k}{d_a^k} \cdot \frac{100}{n} = \frac{r^k(r-1)^k}{r^k} \cdot \frac{100}{n}$ с теми же значениями k, что и в формуле Пресслера. В таком случае коэффициент $k_1 = \frac{p_v}{p'_d} = \frac{p_ш}{p'_d} = \frac{p_v rn}{100} = \frac{p_ш rn}{100}$ (см. форм. 8) после замены в последних отношениях p'_v или $p_ш$ приведенным только что их значением получит то же выражение, что и в формуле 15.

Установленная выше взаимообусловленность коэффициентов в формулах Шнейдера, Пресслера и Турского дает основание считать, что эти формулы в теоретическом отношении равноценны, но лишь при соответствующих значениях k: k_1, $k_п$ и k_2. С точки же зрения практического применения преимущество должно быть дано формуле Шнейдера $p_ш = p'_v = \frac{200\,k_1 i}{d} = k_1 p'_d$ вследствие ее простоты и удобства пользования ею для определения процента, а по последнему — и абсолютного прироста согласно формуле $z_v^{тек} = \frac{p'_v v_a}{100}$.

Из формулы $p'_v = k_1 p'_d$ следует, что $k_1 = \frac{p'_v}{p'_d}$. Исходя из этого равенства, можно установить объективные признаки, обусловливающие величину k_1. Если в этом выражении p'_v и p'_d заменить их развернутыми значениями, то оно примет такой вид:

$$k_1 = \frac{p'_v}{p'_d} = \frac{\frac{\pi}{4} d_a^2 h_a f_a - \frac{\pi}{4} d_{a-n}^2 h_{a-n} f_{a-n}}{\frac{\pi}{4} d_a^2 h_a f_a} \cdot \frac{100}{n} : \frac{d_a - d_{a-n}}{d_a} \cdot \frac{100}{n}.$$

Заменив далее в этом выражении d_a и d_{a-n} их значениями $z_d\,r$ и $z_d(r-1)$, а затем $h_a f_a$ и $h_{a-n} f_{a-n}$ равными им $z_{hf} r_{hf}$ и $z_{hf}(r_{hf} - 1)$, где z_{hf}—прирост по видовой высоте за n лет $(h_a f_a - h_{a-n} f_{a-n})$, а r_{hf} — относительная видовая высота $\left(\frac{h_a f_a}{z_{hf}}\right)$, произведя сокращения, получим:

$$k_1 = \frac{r^2 h_a f_a - (r-1)^2 h_{a-n} f_{a-n}}{r h_a f_a} = \frac{r^2 r_{hf} - (r-1)^2 (r_{hf} - 1)}{r r_{hf}} \qquad (18).$$

Из входящих в формулу 18 величин на растущих деревьях может быть определен только r. Значения же $h_a f_a$ и $h_{a-n} f_{a-n}$, а следовательно и r_{hf}, на корне установить нельзя, но зато известны факторы, определяющие hf в возрасте a и $a - n$ лет и объективно устанавливаемые на растущих деревьях. Этими факторами являются следующие признаки: порода, возраст, продолжительность периода n, высота и степень полнодревесности. При одинаковых r и указанных признаках значения k_1 деревьев варьируют в результате не поддающегося учету на растущих деревьях совместного влияния на r_{hf} ряда других факторов (метеорологические условия, соседние деревья, вредители и проч.).

Для изучения влияния на размеры k_1 высоты и степени полнодревесности стволов, устанавливаемой на корне приближенно по относительной длине

кроны, были использованы значения коэффициента формы q_2 для стволов ели по данным проф. В. К. Захарова *.

В таблице 4 приводятся значения k_1 для стволов ели при $r = 10$, высоте — 10, 20, 30 *м* и с различной энергией роста в высоту. Размеры k_1 находились по формуле 18, видовые числа — по формуле Шиффеля.

Таблица 4

Значения k_1 для стволов ели различной полнодревесности при $r = 10$

Рост в высоту	Форма стволов	В a лет: h (*м*)	В a лет: q_2	В a лет: f	В $a-n$ лет: h (*м*)	В $a-n$ лет: q_2	В $a-n$ лет: f	k_1
Прекратился	Независимо от формы стволов и высоты							1,90
Хороший $\left(p_h = p_d = \frac{100}{rn}\right)$	Сбежистый	10	0,627	0,450	9	0,633	0,461	2,53
	Средний	10	0,727	0,533	9	0,733	0,543	2,57
	Полнодревесный	10	0,827	0,630	9	0,833	0,641	2,58
	Сбежистый	20	0,599	0,403	18	0,603	0,409	2,60
	Средний	20	0,699	0,485	18	0,703	0,491	2,62
	Полнодревесный	20	0,799	0,581	18	0,803	0,588	2,62
	Сбежистый	30	0,591	0,389	27	0,593	0,392	2,65
	Средний	30	0,691	0,471	27	0,693	0,474	2,66
	Полнодревесный	30	0,791	0,567	27	0,793	0,570	2,67
Превосходный $\left(p_h = 2\,p_d = \frac{200}{rn}\right)$	Сбежистый	10	0,627	0,450	8	0,642	0,474	3,17
	Средний	10	0,727	0,533	8	0,742	0,557	3,23
	Полнодревесный	10	0,827	0,630	8	0,842	0,655	3,26
	Сбежистый	20	0,599	0,403	16	0,607	0,416	3,31
	Средний	20	0,699	0,485	16	0,707	0,498	3,35
	Полнодревесный	20	0,799	0,581	16	0,807	0,595	3,36
	Сбежистый	30	0,591	0,389	24	0,595	0,396	3,40
	Средний	30	0,691	0,471	24	0,695	0,478	3,42
	Полнодревесный	30	0,791	0,567	24	0,795	0,574	3,44

Из таблицы видим, что различие между k_1 для сбежистых и полнодревесных стволов несущественно: при высоте 20 и 30 *м* отклонение не превышает 1,5%, а 10 *м* — 3%. Очевидно, что степень полнодревесности стволов, если за n лет их форма не изменяется, и относительная длина кроны не могут считаться признаками, которые следует учитывать при установлении k_1, особенно для насаждений, так как их средние q_2 варьируют в узких пределах.

Из той же таблицы следует, что при одинаковых форме и энергии роста стволов влияние высоты на k_1 незначительно: так, для стволов средней формы при хорошем росте и при высоте 30 *м* k_1 больше, чем при высоте 10 *м* на 3,5%, а при превосходном росте и тех же высотах — на 6%.

О степени влияния высоты на k_1 можно судить также по значениям k_1, вычисленным по формуле 18 при r_{hf}, найденных по таблицам хода роста. В таблице 5 приводятся значения k_1 для сосны и дуба в возрасте 30 и 80 лет по бонитетам, при относительных диаметрах r — 3 и 5 в возрасте 30 лет, 10 —в 80 лет, и r_{hf}, вычисленных за соответствующие десятилетия

* Проф. В. К. Захаров, Таблицы сбега и объема стволов ели по бонитетам. Сборник — Массовые таблицы для сосны, ели, дуба, березы и осины по классам бонитета, 1931.

по таблицам хода роста сосновых насаждений проф. А. В. Тюрина * и дубовых порослевых насаждений проф. М. В. Давидова**.

Таблица 5

Значения k, вычисленные по формуле 18 с использованием r_{hf} по данным таблиц хода роста насаждений

Бонитет	Сосна					Дуб				
	30 л.			80 л.		30 л.			80 л.	
	Высота (в м) / r_{hf}	k_1 при $r=3$	k_1 при $r=5$	Высота (в м) / r_{hf}	k_1 при $r=10$	Высота (в м) / r_{hf}	k_1 при $r=3$	k_1 при $r=5$	Высота (в м) / r_{fh}	k_1 при $r=10$
Ia	14,3 / 3,3	2,07	2,77	30,0 / 14,7	2,45	—	—	—	—	—
I	12,3 / 3,4	2,06	2,74	26,7 / 14,9	2,44	16,1 / 4,1	1,99	2,58	28,0 / 19,4	2,32
II	10,6 / 3,4	2,06	2,74	23,4 / 15,0	2,44	13,5 / 3,9	2,01	2,62	24,2 / 21,9	2,27
III	8,7 / 3,1	2,10	2,83	20,0 / 14,4	2,46	11,5 / 3,8	2,02	2,64	21,1 / 20,8	2,29
IV	7,2 / 3,3	2,07	2,77	16,7 / 14,2	2,47	10,1 / 3,6	2,04	2,69	18,4 / 21,3	2,28
V	5,4 / 3,3	2,07	2,77	13,4 / 13,3	2,51	—	—	—	—	—
Va	3,8 / —	—	—	10,2 / 12,8	2,53	—	—	—	—	—

Сопоставление значений k_1, приведенных в таблице 5, не дает оснований считать высоту признаком, существенно влияющим на размеры k_1. В то же время данные таблицы 5 свидетельствуют о наличии хорошо выраженной зависимости k_1 от породы, возраста и относительного диаметра. Влияние на k_1 возраста и r подтверждается исследованием значений k_1 и по данным анализов стволов. При этом установлено влияние на k_1 также продолжительности периода n***.

Таким образом, обобщая изложенное, основными объективными факторами, обусловливающими размеры коэффициента k в формулах процента прироста, следует считать породу, возраст, относительный диаметр r и продолжительность периода n.

Установление конкретных значений коэффициента k в зависимости от определяющих его факторов является предметом особого исследования.

---

* Проф. А. В. Тюрин, Нормальная производительность насаждений (сосны, березы, осины и ели), 1930.

** Проф. М. В. Давидов, Новые исследования хода роста порослевых дубовых насаждений. Научные труды Украинской ордена Трудового Красного Знамени сельско хозяйственной академии, т. VIII, 1956.

*** Ю. М. Руденко, К вопросу о таксации древесного прироста. Научные труды Украинской ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии, т. VIII, 1956.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ.
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Л. А. КОРОБИЕВСКИЙ,
старший преподаватель

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР БЕЗ УХОДА НА БЕДНЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ КИЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

В теории и практике ведения лесного хозяйства известно, что в условиях достаточной влажности и отсутствия корневищной сорной растительности можно выращивать лесные культуры и без ухода. Этот метод довольно широко применяется в северных районах нашей страны.

В 20 годах в северных укрупненных лесничествах Киевской области (Шепеличском) сосновые культуры выращивали без ухода. Результаты были не плохие. В настоящее время в Киевской области проводится уход за всеми культурами на всяких разностях почв.

С целью изучения влияния ухода на приживаемость и рост сосновых культур на бедных песчаных почвах в 1949 г. был заложен опыт в квартале 29 Хотовского лесничества Боярского учебно-опытного лесхоза б. Киевского лесохозяйственного института на площади 3 *га*.

Почва песчаная, тип леса — свежая суборь. Вырубка 1932 г. длительное время находилась под сельскохозяйственным пользованием. Покров из некорневищной сорной растительности — мелколепестник канадский, тмин песчаный, мышей, коровяк метельчатый, зверобой, полынь и др. с преобладанием мелколепестника канадского. Корневищный сорняк вейник отсутствовал. В 1948 г. участок находился под посевом картофеля. Подготовка почвы под культуры не проводилась.

Посадка произведена весной 1949 г. однолетними сосновыми сеянцами в площадки размером 1,5 × 1,5 *м* и 2 × 2 *м*, по 12, 16 и 25 шт. сеянцев в площадку. Опыт заложен в трех повторностях. На половине площади производился уход, состоящий в полке и рыхлении площадок: в 1949 г. 3-кратный, в 1950 г. 3-кратный и в 1951 г. 2-кратный. На остальной площади уход не производился. В 1950 г. в том же квартале, в аналогичных условиях только на участке, не бывшем под сельскохозяйственным пользованием, была произведена рядовая посадка с подготовкой почвы плужными бороздами. На 50% площади был произведен 3-кратный уход, на остальной площади уход не производился. В 1951 г. наблюдения на этом участке прекратились, так как случайно был произведен уход на всем участке.

Результаты учета приживаемости и роста культур оказались следующие.

Наименование	На участках		Без ухода (в % к сеянцам на участках с уходом)
	с уходом	без ухода	
А. Гнездовые культуры посадки 1949 г.			
Процент приживаемости в 1949 г.	56,6	63,3	—
» сохранности за 1950 г.	74,4	62,1	—
» » за 1951 г.	100	99,5	—
» приживаемости за 3 года	42,4	45,3	—
Средняя высота (в см)			
В 1949 г.	8,9	6,6	74
В 1950 г.	25,7	22,5	88
В 1951 г.	53,0	47,0	89
В 1954 г.	213,8	214,3	100
Средний диаметр корневой шейки (в мм)			
В 1949 г.	4,5	3,5	78
В 1950 г.	9,2	7,3	79
В 1951 г.	17,7	15,1	85
Б. Рядовые культуры посадки 1950 г.			
Приживаемость в 1950 г.	66,3	64,9	—
Средняя высота (в *см*) в 1950 г	8,0	7,8	97
Средний диаметр корневой шейки (в *мм*) в 1950 г.	4,3	4,1	95

Плохая приживаемость культур как на участках с уходом, так и без ухода объясняется повреждением личинками майского жука, имевшимся на данном участке в большом количестве (4,2 личинки на 1 *кв. м.*).

Рис. 1. Шестилетние культуры сосны, созданные с уходом и без ухода.

Из приведенных данных видно, что существенной разницы в приживаемости культур с уходом и без ухода нет.

Отставание в росте культур без ухода как по высоте, так и по диаметру в первый год жизни было относительно большее, чем в последующие. В шестилетнем возрасте разница не наблюдалась. Выравнивание произошло за счет более интенсивного роста в последующие годы и разницы в росте отдельных особей как на участках с уходом, так и без ухода.

В шестилетних культурах, созданных с уходом и без ухода, так же не заметно разницы между ними и по внешнему виду, что видно на рисунке.

Эти данные позволяют сделать вывод, что в условиях Киевской области на бедных свежих песчаных почвах с покровом из некорневищной сорной растительности с преобладанием мелколепестника канадского сосновые культуры выдерживают конкуренцию сорной растительности, в первые годы несколько отстают в росте от культур с уходом,но в дальнейшем выравниваются. В данных конкретных условиях можно обойтись без дорогостоящего ухода за культурами без ухудшения их состояния.

Затраты на уход довольно значительны. По существующим нормам и расценкам на производство посадки 1 *га* культур ручным способом в данных условиях нужно затратить 12 человеко-дней с оплатой 131 рубль. На 8-кратный уход в рядах, при ширине полосы рыхления в 0,5 *м*, расходуется 28 человеко-дней с затратой 271 рубль, таким образом, затраты на производство ухода составляют 207% по сравнению с затратами на посадку.

Объем работ по уходу за лесокультурами очень большой. Так, в 9 лесхозах (Киевском, Святошинском, Первомайском, Дымерском, Вышедубечанском, Тетеревском, Иванковском, Чернобыльском, расположенных в северной части Киевской области на песчаных почвах, в 1955 г. был произведен уход за лесными культурами в переводе на однократный на площади 100 880 *га*.

Нам кажется, что в этих лесхозах, около 25—30% культур можно вырастить без ухода.

Это мероприятие позволит только по 9 лесхозам ежегодно высвободить 108 тысяч человеко-дней и сэкономить около 970 тыс. рублей.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. Н. МИЛОВИДОВ,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

О ЕСТЕСТВЕННОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ В ЛЕСАХ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ УССР

Главными лесообразующими породами на территории Закарпатской области являются: дуб черешчатый, бук и ель европейская. Дубовые насаждения занимают около 7% покрытой лесом площади и распределены, главным образом, в юго-западной равнинной части области на высоте от 100 до 400 *м* над уровнем моря. Буковые, большей частью чистые, насаждения занимают более 50% покрытой лесом площади и расположены в средней, северо-западной горной части области на высоте от 400 до 1000 *м* над уровнем моря. Примерно одну треть покрытой лесом площади занимают древостои с преобладанием ели европейской. Они находятся в основном в северо-восточной части области на высоте от 1000 до 1600 *м* над уровнем моря. В нижней части своего распространения ель входит в состав буковых лесов. В составе еловых лесов также встречаются пихта европейская, кедр, лиственница европейская, сосна обыкновенная.

В условиях Закарпатской области большое значение имеет использование естественного возобновления всех перечисленных древесных пород не только потому, что таким путем можно сократить объем дорогостоящих в условиях горного рельефа лесокультурных работ, но и в связи с необходимостью обеспечить при рубках сохранение водоохранно-защитных свойств лесных насаждений.

Таблица 1

Естественное возобновление дуба под пологом насаждений

Лесхоз, лесничество, квартал №, литера участка	Состав насаждения	Класс возраста	Полнота	Количество всходов дуба от 1 до 5 лет на 1 *га* (в тыс. экз.)
Мукачевский, Загатское, кв № 6, л-4 . . .	10Д	IV	0,8	101
То же, кв. 15, л-Л	10Д	IV	0,7	128
То же, кв. 6, л-5	10Д ед БК	IV	0,6	150

Подрост дуба под пологом расположен группами и часто приурочен к образовавшимся в насаждениях «окнам» и прогалинам. Наблюдается больше подроста в чистых дубовых насаждениях по сравнению со смешанными. Основная масса подроста имеет возраст до 3 лет, средняя высота от 8 до 14 *см*. Характерно, что с уменьшением полноты насаждения до 0,6 возобновление под пологом улучшается, что и видно из приведенной

таблицы. В смешанных дубово-буковых насаждениях или в насаждениях с примесью других лиственных пород возобновление дуба идет менее успешно, доля участия дуба в составе подроста резко падает. В дубово-буковых насаждениях возобновление бука идет успешнее, чем дуба. При отсутствии ухода за молодыми дубками неизбежна смена дуба буком после рубки смешанных дубово-буковых насаждений.

Таблица 2

Количество подроста дуба и бука на сплошных вырубках дубовых насаждений с участием бука

Лесхоз, лесничество, квартал №, площадь	Состав срубленного насаждения	Класс возраста	Полнота	Количество подроста до 10 лет на 1 *га* (в тыс. экз.)		Всего
				порода	количество	
В. Бычковский, Лужанское, кв. № 11, площадь 15 *га*	7Д 3Бк	VI	0,7	Дуб	5	20
				Бук	15	
Мукачевский, Загатское, кв. № 6, площадь 12 *га*	10Д ед. Бк	V	0,7	Дуб	185	190
				Бук	5	
Мукачевский, Загатское, кв. № 6, площадь 5 *га*	10Д ед. Бк	VIII	0,6	Дуб	95	97,5
				Бук	2,5	

Возраст подроста как дуба, так и бука при сравнении его с возрастом лесосек показывает, что абсолютное большинство его появилось до рубки под пологом материнского древостоя, поэтому сохранение подроста в процессе рубки и вывозки древесины в дубовых насаждениях Карпат имеет исключительное значение.

На нижней границе распространения буковых лесов довольно успешно идет возобновление бука, который здесь вытесняет дуб. Средняя высота подроста бука на лесосеках всегда значительно больше подроста дуба того же возраста. Характерно, что подрост дуба в возрасте более 10 лет под пологом насаждений не встречается, в то время как в возрасте до 3 лет его насчитывается более 100 тыс. экземпляров на 1 *га*. Это явление, очевидно, связано со светолюбием молодого дуба. Дубки старше 3 лет не выносят отенения сверху и отмирают.

Естественное возобновление бука под пологом насаждений в зоне распространения буковых лесов происходит еще более успешно. Количество букового подроста под пологом обычно не бывает меньше 100 тыс. экземпляров на 1 *га*. Причем больше подроста при полнотах 0,5—0,6.

В подтверждение можно привести следующие данные, полученные на пробных площадях (табл. 3).

Таблица 3

Количество подроста бука под пологом насаждений

Лесхоз, лесничество, квартал №, литера участка	Состав насаждения	Класс возраста	Полнота	Количество подроста бука до 10 лет на 1 *га* (в тыс. экз.)
Мукачевский, В. Дольское, кв. № 183, л-Ф	10Бк	VII	0,6	123
Мукачевский, В. Дольское, кв. № 183, л-И	10Бк	V	0,5	200

На вырубках буковых насаждений также наблюдается подрост только предварительного происхождения. Исследования показали, что много подроста бука гибнет при спуске древесины с гор, а также от весенних, осенних заморозков и от ожогов.

Неплохо происходит и естественное возобновление ели под пологом насаждений. Много жизнеспособного елового подроста наблюдается в изреженных древостоях. Это подтверждается следующими данными (табл. 4).

Таблица 4

Естественное возобновление ели под пологом насаждений

Лесхоз, лесничество, кв. №, литера участка	Состав насаждения	Класс возраста	Бонитет	Полнота	Количество подроста ели до 10 лет на 1 *га* (в тыс. экз.)
Тересвянский, В.-Усть-Чернянское, кв. № 1, 13, л-У	10Е	VI	I	0,9	33,5
То же, кв. № 12, л-И	10Е	IV	I	0,7	95
То же, кв. № 8, л-4	7Е	V	II	0,4	220

Однако и здесь наблюдается уничтожение подроста ели при сплошных рубках, во время трелевки древесины волоком и спуска ее с гор. Так, в Тересвянском лесхозе, Верхне-Усть-Чернянском лесничестве, кв. № 8, лит. Н, на лесосеке площадью в 20 *га*, расположенной на северо-западном склоне в 30°, весь подрост ели при спуске древесины был уничтожен. В то же время под пологом рядом расположенного материнского насаждения подроста ели насчитывается 80 тыс. экземпляров на гектаре. Такое явление наблюдается повсеместно. Обильное естественное возобновление ели происходит на лесосеках котловинных рубок. Так, в Визницком лесничестве, Мукачевского лесхоза, кв. 27, лит. А на участке, где производилась котловинная рубка, оказалось подроста ели в переводе на гектар около 400 тыс. экземпляров в возрасте 5—10 лет при составе материнского насаждения 10 Ель и полноте — 0,8.

Таким образом, во всех горных лесах Закарпатской области в интересах возобновления, повышения продуктивности и сохранения их водоохранно-защитных свойств необходимо принять все меры к сохранению во время рубки подроста имеющегося под пологом насаждений.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. Н. БРАТУСЬ,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

К ВОПРОСУ О РАСПОЗНАВАНИИ ГРАНИЦ КРАСНОЙ ГНИЛИ СОСНЫ ПО ВНЕШНИМ ПРИЗНАКАМ

Причиняемая сосновой губкой красная гниль относится к числу наиболее распространенных пороков растущего леса.

Внешние признаки, по которым можно было бы определять протяженность внутренней гнили у пораженных губкой деревьев, изучались до сих пор мало.

Г. И. Конев (1929) на основании изучения значительного количества пораженных деревьев в возрасте 75—180 лет пришел к выводу, что «свыше половины всех случаев падает на протяженность гнили вниз и вверх от плодового тела от 1,5 до 3,5 *м*» [5, стр. 17].

По С. Ф. Негруцкому (1955), исследовавшему 12 пораженных деревьев в возрасте 180—220 лет, средняя протяженность гнили кверху от плодового тела составляет 4,8 *м*, а книзу — 3,4 *м*.

Нами исследовано путем таксационно-фитопатологического анализа 148 моделей, срубленных в насаждениях свежей субори и свежего бора в Жорновском и Звонковском лесничествах Боярского учебно-опытного лесхоза, Киевской области, при проведении санитарных рубок.

Протяженность гнили и высота образования плодовых тел фиксировались с точностью до 0,1 *м*. В приводимых ниже цифровых данных протяженность гнили показана в ограничении II стадией.

Как показывают данные анализа, гниль, вызываемая сосновой губкой, чаще всего бывает сосредоточена в нижней части стволов, причем в преимущественном большинстве случаев гниль либо выходит на пень, либо обнаруживается вблизи пневого среза. Из 148 исследованных деревьев гниль на пне была обнаружена у 120, что составляет 81,1% всех случаев. У 28 деревьев (18,9%) гнили на пне не оказалось, но выход деловых отрезков из нижней части этих деревьев был очень незначителен.

Свободные от гнили комлевые отрезки у 28 деревьев имели следующую длину:

Длина здоровых отрезков (в *м*)	0,1—1,0	1,1—2,0	2,1—3,0	3,1—4,0	4,1—5,0	Всего
Число деревьев	19	4	3	1	1	28
% (от общего числа моделей)	12,8	2,7	2,0	0,7	0,7	18,9

Из этих данных видно, что количество здоровых отрезков, превышающих по длине 2 *м*, составило в нижней части стволов всего 3,4%.

О том же говорят и данные других авторов. По Коневу, локализация гнили у пораженных деревьев наблюдается «преимущественно до высоты 8,5 *м*» [5, стр. 17].

С. Н. Горшин приводит цифровые данные М. Шитикова, из которых видно, что у 290 деревьев из 326 красная гниль находилась в пределах первых девяти метров (89% всех случаев) [2, стр. 49].

Это находится в противоречии с общим указанием ГОСТ 2140-43 о том, что внутренняя гниль «до комлевой части, как правило, не доходит» [7, стр. 20].

Внутренняя гниль, вызываемая сосновой губкой, поражает, как правило, именно комлевую часть.

Значительное расстояние между плодовыми телами может указывать наличие двух, раздельно существующих очагов. Вероятность получения длинномерных сортиментов из здоровой древесины, содержащейся между очагами, очень мала. Из 148 исследованных нами деревьев по два очага гнили оказалось у четырех, что составляет 2,7%. Разрывы между очагами у четырех деревьев были следующей длины: 0,3, 1,4, 2,5 и 4,0 *м*. Таким образом, здоровые отрезки, превышающие по длине 2 *м*, были найдены между очагами гнили лишь у двух деревьев, что составляет 1,4% от общего числа пораженных.

Итак, гниль книзу от плодового тела (l_1) доходит до пня, или почти до пня. Остается, следовательно, неизвестным отрезок гнили, идущей кверху от плодового тела (l_2). Для определения общей протяженности гнили (l) при наличии нескольких плодовых тел достаточно интересоваться высотой образования верхнего, наиболее высоко находящегося плодового тела.

Под протяженностью гнили ($l = l_1 + l_2$) в данном случае понимается высота подъема ее от пня. Возможность получения коротких отрезков здоровой древесины, встречающихся в небольшом количестве вблизи пня и между очагами гнили, в этом расчете во внимание не принята.

Между высотой образования верхнего плодового тела и протяженностью гнили существует выраженная зависимость. Это можно видеть по цифровым данным таблицы 1, в которой по группам моделей показаны: средняя высота прикрепления наиболее высоко находящихся плодовых тел в метрах (h), протяженность гнили в метрах (l) и коэффициент корреляции (r); в правой части таблицы приводятся средние по классам возраста значения h, l, l_2 и отношение $l : h = k$.

Таблица 1

Зависимость между высотой образования плодовых тел (h) и протяженностью гнили (l)

Классы возраста	Классы бонитета	h (в *м*)			l (в *м*)			r	$\pm m_r$	Число случаев	Средние			
		M	$\pm\sigma$	$\pm m$	M	$\pm\sigma$	$\pm m$				h	l	l_2	$\frac{l}{h}=k$
III-IV	1,1а	2,0	0,60	0,20	5,6	1,70	0,57	0,69	0,17	10	2,0	5,6	3,6	2,8
V—VI	1	2,7	1,72	0,25	8,1	2,32	0,41	0,68	0,08	47				
V—VI	1а	3,8	2,52	0,36	7,4	3,55	0,51	0,68	0,08	48	3,1	7,6	4,5	2,5
V—VI	1,1а	3,0	0,89	0,24	7,9	2,66	0,71	0,62	0,16	14				
VII	1,1б	6,0	2,69	0,56	12,3	2,73	0,58	0,53	0,15	23	6,0	12,3	6,3	2,1

Коэффициент корреляции, как видно из таблицы, указывает довольно высокую сопряженность величин h и l (0,62—0,69). Наиболее низким он оказался в насаждениях VII класса возраста (0,53).

Из таблицы также видно, что при абсолютном увеличении с возрастом насаждений протяженности гнили (l) и высоты образования плодовых тел (h) отношение между ними в то же время уменьшается (k).

Наличие выраженной связи между высотой образования плодовых тел (h) и протяженностью гнили (l) дает основание обратиться к выяснению коэффициентов для определения протяженности гнили по высоте образования плодовых тел: $l : h = k$, откуда $l = hk$. k находим опытным путем.

По значениям k, найденным для каждой модели, были получены средние его значения по возрастным группам, которые приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Средние значения k в возрастных группах моделей

Номера групп	Классы возраста	Классы бонитета	k			$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$	Число случаев
			M	$\pm\sigma$	$\pm m$		
1	III—IV	$1,1^{а}$	3,0	0,88	0,28	1,62	10
2	V—VI	1	3,6	1,65	0,24	2,81	48
3	V—VI	$1^{а}$	2,7	1,48	0,21	0,33	51
4	V—VI	$1,1^{а}$	2,8	0,84	0,22	0,27	14
5	VII	$1,1^{б}$	2,7	1,43	0,30	0,73	23

Данные таблицы 2 позволяют придти к тому заключению, что относительная величина k от возраста насаждений и бонитета не зависит. Это обстоятельство приобретает важное значение, как открывающее перспективу широкого использования формулы $l = hk$.

Сгруппировав модели по однометровым ступеням h и найдя для каждой ступени средние значения k и l, получаем данные, показанные в таблице 3.

Таблица 3

Средние значения k и l по однометровым ступеням h

Номера ступеней	h (в м) (от — до)	k	$l \pm \sigma$	Пределы l (в м) (от — до)	Число случаев		Примечание
					абсолютное	в %	
1	0,1— 1,0	5,4	4,6	0,5— 5,5	8	5,6	
2	1,1— 2,0	4,1	6,4±2,2	4,0— 9,0	39	27,2	
3	2,1— 3,0	2,8	7,0±2,4	5,0—10,0	30	21,0	
4	3,1— 4,0	2,5	8,5±1,7	7,0—11,0	21	14,7	
5	4,1— 5,0	2,4	10,6±1,5	8,0—12,0	11	7,7	
6	5,1— 6,0	2,0	11,3	9,0—13,0	7	4,9	
7	6,1— 7,0	1,8	11,9	10,0—13,0	9	6,3	
8	7,1— 8,0	1,7	12,8	11,0—14,0	6	4,2	
9	8,1—10,0	1,6	14,5	12,0—16,0	6	4,2	2-метровая ступень
10	10,1—16,0	1,3	18,9	13,0—20,0	6	4,2	6-метровая ступень
					143	100,0	

Как видно из таблицы, с увеличением h закономерно уменьшается k. Квадратическое уклонение ($l \pm \sigma$) удерживается по ступеням h в пределах ± 2 *м**. Крайние пределы колебаний l по ступеням h даны с широким

* Ступени с количеством моделей менее десяти математической обработке не подвергались.

округлением. Ввиду очень малого количества деревьев с плодовыми телами, находящимися выше 8 *м*, введены две укрупненные ступени *h* вместо однометровых.

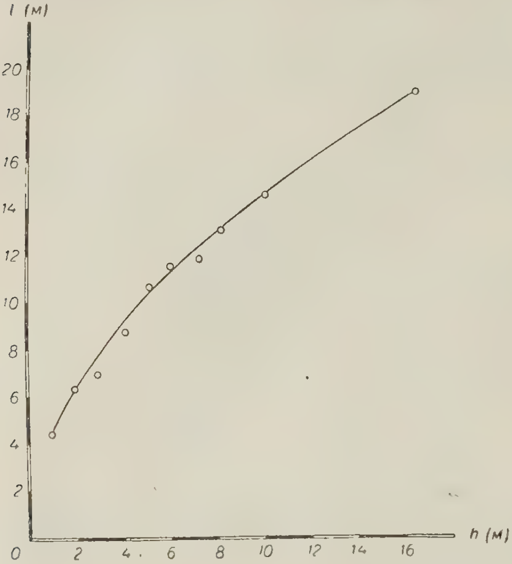


Рис. 1. Зависимость между протяженностью гнили и высотой образования плодовых тел.

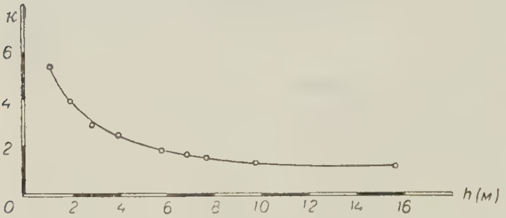


Рис. 2. Уменьшение значений коэффициента *k* в зависимости от высоты образования плодовых тел.

При использовании данных таблицы для определения протяженности гнили высота образования верхнего плодового тела (*h*) устанавливается в натуре с точностью до 0,1 *м* и затем умножается на коэффициент *k* из таблицы соответствующей ступени.

Для той же цели может служить кривая, построенная по данным таблицы 3 (рис. 1).

Кривая, характеризующая снижение значений *k* по возрастающим ступеням *h*, изображена на рисунке 2.

Литературных данных по изложенному вопросу не находим.

Как показывают данные анализа стволов, протяженность гнили кверху и книзу от плодовых тел неодинакова. Верхний отрезок гнили обычно больше нижнего. Это явление наблюдается у деревьев как с одним плодовым телом, так и с несколькими, причем длина гнили кверху от наиболее высоко находящегося плодового тела (l_2) в большинстве случаев больше, чем длина гнили книзу от того же плодового тела (l_1).

Сравнивая отдельно по каждой модели длину отрезков гнили кверху и книзу от плодового тела, получаем отношение $l_2 : l_1 = q$, разные значения которого распределяются по количеству случаев следующим образом (табл. 4).

Таблица 4

Распределение пораженных деревьев по ступеням *q*

Номера ступеней	Ступени *q* (от — до)	Классы возраста					Общее число деревьев	
		число деревьев					абсолютное	в %
		III—IV	V—VI	V—VI	V—VI	VII		
1	0,1—1,0	—	1	14	8	10	33	23,8
2	1,1—2,0	6	7	23	16	6	58	42,1
3	2,1—3,0	2	4	4	7	2	19	13,8
4	> 3,0	2	3	5	14	4	28	20,3
		10	15	46	45	22	138	100,0

Последняя графа таблицы показывает, что количество случаев, когда l_2 превосходит l_1, составило в указанном примере 76,2% (100—23,8).

q становится меньше единицы обычно при значительной высоте образования плодовых тел, а очень большие значения q наблюдаются при слишком низком нахождении плодовых тел.

Средние значения q по возрастным группам моделей приведены в таблице 5.

Таблица 5

Средние значения q в возрастных группах моделей

Номера групп	Классы возраста	Классы бонитета	q			$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$	Число случаев
			M	$\pm\sigma$	$\pm m$		
1	III—IV	$1{,}1^{а}$	2,3	0,90	0,28	1,43	10
2	V—VI	$1^{а}$	1,8	1,40	0,21	2,51	46
3	V—VI	1	2,6	1,60	0,24	0,71	45
4	V—VI	$1{,}1^{а}$	2,3	1,35	0,35	1,09	15
5	VII	$1{,}1^{б}$	1,8	1,40	0,30	1,22	22

Данные таблицы говорят о том, что между средними значениями q, найденными для отдельных возрастных групп моделей, доказанной разницы нет.

С увеличением высоты образования плодовых тел (h) коэффициент q уменьшается. Это можно видеть по данным таблицы 6, в которой представлены однометровые ступени h и соответствующие этим ступеням средние значения q.

Таблица 6

Средние значения q по однометровым ступеням h

Номера ступеней		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Ступени h (в *м*) (от — до)		0,1—1,0	1,1—2,0	2,1—3,0	3,1—4,0	4,1—5,0	5,1—6,0	6,1—7,0	7,1—8,0	8,1—9,0	9,1—10,0	>10	
q		4,6	3,2	1,9	1,6	1,5	1,2	1,0	0,7	0,6	0,6	0,5	
Число случаев	абсолютное	9	37	28	22	9	8	11	6	2	3	3	138
	в %	6,5	26,8	20,3	15,9	6,5	5,8	8,0	4,3	1,5	2,2	2,2	100,0

По данным таблицы 6 построена кривая, изображенная на рис. 3.

Из уравнения $l_2 : l_1 = q$ следует, что $l_2 = ql_1$, а $l_1 = l_2 : q$. Использование этих уравнений может облегчать определение границ гнили у срубленных деревьев в тех случаях, когда гниль не выходит на пень. Один из двух отрезков (l_1 или l_2) должен быть определен распиловкой.

При наличии гнили на пне, т. е. когда $l_1 = h$, может, понятно, быть использован и коэффициент k. l_2 в этом случае будет найден как разность $l - l_1$.

Разное протяжение гнили кверху и книзу от плодовых тел можно проследить по цифровым данным Конева, который этого обстоятельства в своей работе не оговаривает.

Конев производил измерения гнили при одном плодовом теле вверх и вниз от него, а при нескольких — кверху от наиболее высоко находящегося и книзу от нижнего. Суммарные данные сообщены по каждой из

пробных площадей без разделения деревьев по количеству плодовых тел и без указания числа исследованных деревьев.

Найденные нами, по данным Конева, значения q выражаются для девяти взятых им пробных площадей такими числами: 3,5; 1,1; 1,0; 2,6; 1,1; 1,0; 0,9; 1,2; 0,8 [5, стр. 17]. Среднее арифметическое из них равно 1,5.

Находя q, по данным Негруцкого, проводившего наблюдения по тому же способу, который применил Конев, получаем: 4,8 : 3,4 = 1,4.

Замечание относительно неравномерности роста мицелия кверху и книзу имеется в работе Лизе (Liese, 1936), который, ссылаясь на опыт практики, указывает, что от точки вхождения гриба в ствол распространение мицелия вверх составляет, примерно, $^2/_3$, а вниз $^1/_3$ всей занимаемой им длины. По мнению Лизе, указанное явление находится в связи со смолистостью ядра.

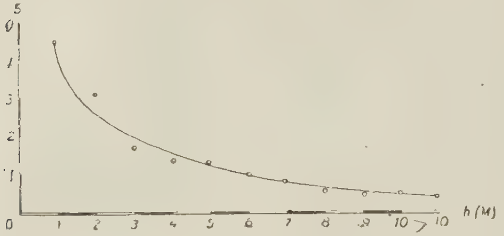


Рис. 3. Уменьшение значений коэффициента q в зависимости от высоты образования плодовых тел.

Как было показано, отношение длины гнили вверх к длине вниз от плодового тела изменяется в зависимости от высоты образования плодовых тел (табл. 6, рис. 3).

Плодовые тела сосновой губки образуются обычно невысоко. Это можно видеть по цифровым данным таблиц 1 и 3. Из таблицы 3, в частности, видно (графа «число случаев»), что количество деревьев, у которых плодовые тела образуются на высоте до 6 *м*, составляет 81,1% всех случаев, а в пределах 8 *м* — 91,6%.

Это находится в противоречии с общим указанием, которое дает о сосновой губке проф. Н. Ф. Слудский: «Плодоношения редко развиваются близ земли, обычно же на значительной высоте — до 12 *м* и больше» [8, стр. 76].

Цифровой материал по данному вопросу имеется в следующих литературных источниках.

Конев [5] указывает среднюю высоту прикрепления плодовых тел у деревьев с одним плодовым телом в насаждениях среднего возраста 119 лет — 4,1 *м*, а в возрасте насаждений 130 лет — 4,2 *м*; в насаждениях возраста 181 и 183 года Конев установил среднюю высоту прикрепления плодового тела в первом случае 3,3 *м*, а во втором — 8,2 *м*.

Драверт [3] среднюю высоту прикрепления плодовых тел у деревьев с одним плодовым телом указывает в пределах до 6,1 *м*.

По Захарову [4, табл. 8] плодовые тела чаще всего встречаются на высоте до 7 *м*.

По Меллеру (Möller) [10] 85% губки встречается в первых шести метрах.

По Реригу (Röhrig) [11] основная масса губки располагается ниже 8 *м*.

Таким образом, наши данные относительно высоты образования плодовых тел, равно как и о локализации гнили в стволах, не имеют расхождений с цифровыми данными других авторов.

Высота образования плодовых тел может быть признана ведущим признаком при определении границ внутренней гнили.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ванин С. И., Лесная фитопатология, 1955.
2. Горшин С. Н., Главнейшие гнили хвойных деревьев и их откряжевка, Гослестехиздат, М., 1935.
3. Драверт В. П., Сердцевинная гниль сосны в Соколовской и Боровлянской лесных дачах Бийского округа, Труды Сибирского ин-та с.-х. и лесоводства, т. XII, вып. 3, Омск, 1929.
4. Захаров В. К., Сосновая губка Trametes pini в лесах Беловежской Пущи, Труды Белорусского лесотехнического ин-та, вып. VII, Минск, 1948.
5. Конев Г. И., Сердцевинная гниль сосны в Чумышском лесничестве Барнаульского округа, Труды Сибирского ин-та с.-х. и лесоводства, т. XII, вып. 3, Омск, 1929.
6. Негруцкий С. Ф., Болезни сосны и борьба с ними в Хреновском бору, автореферат кандидатской диссертации, Воронеж, 1955.
7. Пороки древесины, ГОСТ 2140-43, М., 1946.
8. Судейкин Г. С. и Слудкий Н. Ф., Вреднейшие насекомые и грибные болезни леса, Гослестехиздат, М., 1939.
9. Liese J., Beiträge zum Kiefernbaumschwammproblem, «Forstarchiv», H. 3, 1936.
10. Möller A., Über die Notwendigkeit und Möglichkeit Wirksamer Bekämpfung des Kiefernbaumschwammes Trametes pini Fr. «Zeitschrift für Forst u. Jagdwesen», 1904.
11. Röhrig H., Verbreitung und Bekämpfung des Kiefernbaumschwammes, «Forstarchiv», H. 9, 1934.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Н. Н. ПАДИЙ,
доцент

ПРИЧИНЫ УСЫХАНИЯ ГРАБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ВИННИЦКОЙ ОБЛАСТИ

Одной из основных задач, поставленных разрабатываемым в настоящее время «Генеральным планом развития лесного хозяйства УССР», является повышение продуктивности наших лесов. В этой связи защита леса от вредителей, вызывающих порчу древесины, снижение прироста насаждений, а нередко и их усыхание, является тем далеко не использованным резервом, освоение которого позволило бы заметно повысить продуктивность нашего лесного хозяйства.

За последние годы во многих лесхозах Винницкой и Хмельницкой областей отмечено массовое усыхание грабовых насаждений. Как показало детальное изучение вопроса, усыхание в значительной степени связано с вредной деятельностью грабовой узкотелой златки (Agrilus olivicolor Kiesw), очаги массового размножения которой обнаружены там на общей площади, измеряемой многими сотнями гектаров леса.

Обследованные нами усыхающие грабовые насаждения (в Ялтушковском лесничестве, Жмеринского лесхоза, Журавлевском лесничестве, Тульчинского лесхоза и Ильинецком лесничестве, Ильинецкого лесхоза), в которых отмечены очаги массового размножения златки, представляют собой главным образом спелые и приспевающие чистые грабняки, местами с небольшой примесью прочих лиственных пород, произрастающие на серых лесных суглинках, как правило без подлеска. Уровень грунтовых вод в насаждениях обычно залегает глубоко (5—10 *м*).

При обследованиях изучалась экология грабовой златки. Этот вопрос представляет интерес, так как в нашей литературе он не затронут. Ниже приводится краткое описание признаков и особенностей экологии грабовой узкотелой златки по данным, собранным нами в лесхозах Винницкой области.

Жук грабовой узкотелой златки зеленый с бронзовым отливом, длиной 5—6,5 *мм*, тело длинное, кили у задних углов переднеспинки округленные, достигают половины длины переднеспинки, поперечный киль на щитке тупой, светлые чешуйки образуют полосу вдоль шва надкрыльев, которая прерывается за их срединой, нередко полоса незаметная.

Летают жуки в июне. Яйца откладываются на кору. Личинки питаются в области луба и камбия. Ходы личинок длинные, 50—60 *см* длины, весьма извилистые, плоские, заполненные тонкой буровой мукой бурого цвета, почти не задевают заболони. Питание личинок длится до осени. В сентябре личинки выгрызают крючковатые ходы в древесину на глубину до 1 *см*,

где и устраивают куколочные колыбельки. Входные отверстия личинок плоские, длинной стороной направленные вдоль волокон, закрыты пробкой из буровой муки. Ход около куколочной колыбельки бывает заполнен белой буровой мукой (из древесины). В колыбельках личинки зимуют и в мае — первой половине июня следующего года окукливаются. После выхода из куколки молодой жук прогрызает лётное отверстие на конце колыбельки, противоположном входному отверстию личинки. Форма лётного отверстия напоминает полукруг диаметром 1,5—2 *мм*.

Грабовая златка нападает на ослабленные деревья граба раньше других вторичных вредителей, при этом заселяет как вершину их, так и весь ствол до комля. На деревьях, не ослабленных, но имеющих местные механические повреждения коры, она поселялась в районе этих повреждений. Вслед за златкой на усыхающих и усохших грабовых деревьях поселяются в небольшой численности пестрый дубовый усач, семейный древесинник, грабовый заболонник и бугорчатый короед.

При обследовании большое внимание было уделено выяснению причин ослабевания грабовых насаждений, обусловивших заселение их златкой. Полученные результаты показывают, что главнейшими причинами, вызвавшими ослабевание грабовых насаждений, явились засушливость ряда последних лет и неправильное ведение хозяйства в грабняках, вызвавшее в ряде случаев резкое нарушение сложившихся взаимоотношений леса с условиями внешней среды.

За последнее десятилетие в южной и средней частях Винницкой области сильно засушливыми были 1946, 1951, 1953 и 1954 годы.

В таблице 1 приводятся сведения о температурах и количестве осадков за период 1950—1954 гг. по сравнению со средними многолетними данными для юга Винницкой области (г. Крыжополь).

Таблица 1

Температура и количество осадков за период 1950—1954 гг.

Годы	Средняя температура воздуха за летний период (июнь—август)	Годовое количество осадков (в *мм*)	Количество осадков за период с мая по сентябрь (в %)
По средним многолетним данным	17,9	515	100
1950	18,4	414	59,0
1951	20,5	366	57,7
1952	19,3	445	57,1
1953	20,5	414	58,0
1954	20,7	357	—

Из таблицы видно, что за годы 1950—1954 отмечается резкое повышение средних температур воздуха в летние месяцы и при этом резкое снижение количества осадков за период с мая по сентябрь по сравнению со средними многолетними данными. В особенности резкие отклонения отмечены в летний и осенний периоды 1953 г.

Повышение интенсивности транспирации в связи с резким повышением температуры воздуха в летний период при резком снижении влажности почвы не могло не ослабить жизнедеятельности грабовых насаждений. Однако усыхание граба в лесах Винницкой области наблюдалось и до наиболее засушливого 1953 г. Наступление засушливых лет лишь значительно усилило этот процесс.

При обследованиях установлено, что нападению златки и усыханию подвергались в основном кулисы, образовавшиеся при ведении чересполосных рубок, небольшие участки старого леса, окруженные вырубками, защитные опушки, сильно изреженные в старом возрасте древостои и т. п. Во всех случаях в несколько раз более интенсивное усыхание граба наблюдалось вдоль южных стен леса. Ослабевание граба на перечисленных выше участках наступило в основном в результате резкого изменения условий внешней среды и в особенности режима света и ветра.

Выставленные на свет стволы деревьев вдоль стен кулис и в других перечисленных выше участках леса обильно покрывались водяными побегами сверху донизу. Наиболее сильно покрывались водяными побегами деревья, ранее отстававшие в росте, — IV и III классов роста.

Нами проведен учет количества листовой массы на образовавшихся водяных побегах и на кроне у граба 55 летнего возраста, III класса роста, на опушке кулисы 3-летней давности. При этом оказалось, что вес собранных в августе листьев с водяных побегов равнялся 4,53 *кг*, а вес листвы, собранной с кроны, равнялся 3,87 *кг*. Сравнение этих цифр показывает, что количество листьев по весу на водяных побегах, покрывавших ствол, на 17% превысило листовую массу кроны.

Кроме того, увеличение освещения крон, как известно, увеличивает интенсивность транспирации, а освещение почвы создает благоприятные условия для развития сорной и в особенности злаковой растительности. Замечено, что уже на третий год вдоль стен кулис на 10—15 *м* вглубь насаждений почва зарастает травянистой растительностью, в составе которой преобладают злаки.

Но этим не исчерпывается вредное влияние резкого выставления на свет стен грабового леса. Специальный учет показал, что ближайшие к краю вдоль южной стены леса деревья, внезапно выставленные на свет в старом возрасте, на 80—85% страдают от ожогов коры, которые чаще всего наблюдаются в верхней части стволов.

В упомянутых выше участках деревья вдоль стен леса оказываются внезапно выставленными также на ветер. При увеличении силы ветра, как известно, повышается интенсивность транспирации. Кроме того, от раскачивания неприспособленных к ветру деревьев обрывается некоторая часть мелких корешков и мочек. При раскопке корневых систем граба у стен кулис и в средине насаждений обнаружено, что в первом случае корневая система имела мало мочек, были обнаружены следы обрыва мелких корешков.

В итоге у выставленных на свет и ветер деревьев граба сильно возрастает расход воды вследствие увеличения листовой поверхности и повышения интенсивности транспирации, с другой стороны — снижается подача воды в кроны, благодаря иссушению почвы и обрыву на корнях мочек. Следствием этого является ослабление жизнедеятельности деревьев и их суховершинность, обусловливающие заселение их узкотелой златкой. Особенно резкое нарушение водного баланса деревьев происходит в засушливые годы.

В 1954 г. по поручению кафедры дипломантом А. П. Журавель проведен специальный учет интенсивности усыхания крон в грабовых насаждениях Ильинецкого лесничества в кулисах разной давности. Учет проводился на пробных площадях, заложенных через всю ширину кулис (40—50 *м*) и протяженностью 25 *м*; на пробах находилось 180—200 деревьев. Пробная площадь разбивалась на 3 секции равной величины, включавших южную, северную и среднюю части кулис.

В таблице 2 приведены данные для граба о проценте суховершинных и усыхающих деревьев (не включая сухостоя).

Таблица 2

Процент суховершинных и усыхающих деревьев

Номера пробных площадей	Номера кварталов	Год вырубки смежных с кулисой лесосек	Возраст насаждения в кулисе (лет)	Его полнота	% суховершинных и усыхающих деревьев		
					южная часть кулисы	северная часть кулисы	середина кулисы
1	29	1952	48	0,7	14,5	3,3	2,1
2	25	1952	48	0,7	9,6	6,8	—
3	25	1952	48	0,7	17,3	12,1	2,0
В среднем				—	13,8	7,4	1,4
4	43	1951	48	0,8	20,6	10,7	—
5	42	1951	53	0,7	12,0	12,0	—
6	25	1951	48	0,7	19,4	7,7	—
В среднем				—	17,2	9,9	—
7	31	1950	53	0,8	42,8	17,6	7,5
8	54	1950	53	0,8	30,2	22,4	2,4
9	52	1950	48	0,8	33,3	19,0	3,4
В среднем				—	35,4	19,8	4,3
10	53	1949	72	0,7	72,0	30,7	7,5
11	53	1949	53	0,9	44,9	20,0	8,2
12	40	1949	48	0,8	26,6	23,7	6,1
В среднем				—	44,9	24,0	7,3

Как видно из таблицы, наибольший процент усыхающих деревьев отмечен с южной стороны кулис. С увеличением давности кулис, начиная с третьего года, процент усыхающих деревьев резко возрастает.

Обследование насаждений в Ильинецком лесхозе, в которых ведутся чересполосные рубки, показало, что на третий год выставленные на свет и ветер деревья вдоль стен (в особенности южных) на 5—10 *м* вглубь кулис обильно покрывались водяными побегами, начинали суховершинить и подвергались нападению златки. В этом случае такие деревья заселялись златкой, начиная с вершины. В условиях засушливых 1953—1954 гг. дерево полностью заселялось и усыхало в течение одного—двух лет.

Известным подтверждением вышесказанного является тот факт, что выросшие смолоду при редком стоянии деревья граба не суховершинили и не подвергались нападению златки. С другой стороны, под пологом сомкнутых грабовых насаждений нередко встречались отдельные, отставшие в росте, усыхающие деревья V класса роста, сплошь заселенные грабовой златкой. Эти факты свидетельствуют о том, что нападение грабовой златки на деревья обусловливается их ослабеванием, а не теплолюбием вредителя.

Массовое размножение грабовой златки обусловлено наличием в ряде лесничеств большого количества сильно ослабленных деревьев граба на небольших участках старого леса, окруженных вырубками, в кулисах, защитных опушках, а также отставших в росте (угнетенных) деревьев в насаждениях, пропущенных при рубках ухода. Накоплению массового количества златки в лесах Винницкой области способствовало то, что с ней не проводилась надлежащая борьба.

При существующем порядке планирования и проведения санитарных рубок заселенные вторичными вредителями усохшие деревья включаются

в план рубок следующего года и срубаются, как правило, после вылета заселявших их вторичных вредителей, а нередко находятся на корню по несколько лет. Так, деревья, усохшие во второй половине лета (после отводов санитарных рубок), нумеруются для санитарной рубки лишь в следующем году, а срубаются еще спустя полгода—год. При такой постановке вопроса санитарные рубки не достигали своей цели.

Для расселения всего скопившегося запаса златки требуется большое количество ослабленных деревьев. Поэтому в наиболее засушливые годы, как 1954 г., замечено нападение ее на некоторые сомкнутые насаждения, произрастающие в наиболее неблагоприятных условиях местопроизрастания — в сухих дубравах, на южных склонах бугров и т. п.

Грабовая златка широко распространена в лесах Украины, однако вспышки ее массового размножения в грабняках отмечены только в южной Лесостепи, т. е. в условиях, отличающихся известной засушливостью, особенно в отдельные годы.

Биология и вредоносность грабовой узкотелой златки в нашей специальной литературе не освещена. В книге Померанцева [4] о ней написано несколько строчек и в частности упоминается, что поселение златки на грабах вызывает образование водяных побегов на стволах ниже ее ходов. Это упоминание основано на недоразумении. В действительности не водяные побеги являются результатом поселения на стволах златки, а, наоборот, последнее является результатом ослабевания деревьев, весьма часто связанным с образованием водяных побегов на стволах (при резком выставлении их на свет). Так, при обследовании стволов, заселенных в текущем и прошлом годах, мы находили водяные побеги на них как правило 3—5-летней давности, т. е. образовавшиеся задолго до нападения златки.

С целью уничтожения накопившегося запаса грабовой узкотелой златки и защиты от усыхания грабовых насаждений необходимо провести следующие мероприятия:

1. В зависимости от процента усыхающих деревьев произвести в грабовых насаждениях тщательные выборочные или сплошные санитарные рубки. В насаждениях, назначенных для сплошных санитарных рубок на последующие годы (если ввиду большой площади они не могут быть проведены в один год), обязательно ежегодно проводить выборочные санитарные рубки.

2. Отказаться от неоправдавшего себя способа отвода санитарных рубок — за год до проведения рубки деревьев.

3. Санитарные рубки проводить так, чтобы обеспечить вырубку и вывозку из леса на расстояние не ближе 3 *км* заселенных вторичными вредителями деревьев д о в ы л е т а ж у к о в. Это условие будет достигаться, если рубку деревьев (с незамедлительной вывозкой заготовленных лесоматериалов) произвести в начальный момент их усыхания.

4. Лесопродукция, заготовленная в весенне-летний период при рубках ухода и главного пользования, должна вывозиться из леса в трехнедельный срок. Вывозка лесоматериалов, заготовленных в августе и в осенне-зимний период, может быть продолжена до середины апреля.

5. Не применять чересполосных рубок в насаждениях, в которых они ранее не проводились. В тех же участках, где они давно проводятся, следовало бы постепенно перейти к сплошнолесосечным рубкам с непосредственным примыканием. Строго выдерживать направление сплошнолесосечных рубок с севера на юг. Срок примыкания лесосек в грабовых насаждениях не должен превышать 3 лет.

6. Не оставлять защитных опушек с северной стороны лесных массивов на срок больше 3—4 лет.

7. Не оставлять небольших участков старого леса, окруженных вырубками.

8. Тщательно и своевременно проводить рубки ухода в насаждениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бей-Биенко Г. Я., Определитель насекомых, повреждающих деревья и кустарники полезащитных полос, АН СССР, 1950.

2. Иванов Л. А., Физиология растений, Гослестехиздат, 1936.

3. Павловский Е. Н. (ред.), Вредители леса (справочник), АН СССР, стр. 452, 1955.

4. Померанцев Д. В., Вредные насекомые и борьба с ними в лесах и лесных полосах юго-востока Европейской части СССР, Гослесбумиздат, 1949.

5. Ткаченко М. Е., Общее лесоводство, М., 1955.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

П. Д. ПШЕНИЧНЫЙ,
профессор

ВЛИЯНИЕ РАЗНОГО КОРМЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ НА ИХ РАЗВИТИЕ И КАЧЕСТВО ПОТОМСТВА

Еще в 1903 году в конспекте лекций по общей зоотехнии Е. А. Богданов писал «...скотовод тем менее может отрицать передачу по наследству благоприобретенных признаков, что на ней-то основывается часто значительная часть прогресса в скотоводстве». «Наконец, само развитие человека совершенно *непонятно*, является *чудом*, если не допускать передачу по наследству благоприобретенных свойств» (стр. 126).

В прямых опытах как самого Е. А. Богданова, так и других зоотехников было доказано наследование приобретенных признаков и свойств у животных.

В последние два десятилетия, а особенно после августовской сессии ВАСХНИЛ в нашей стране широко изучаются изменения сельскохозяйственных животных под влиянием различных условий жизни, в точно регистрируемых и длительных опытах.

Многими экспериментальными исследованиями нашего коллектива на протяжении последних 18 лет доказано, что характер кормления сельскохозяйственных животных в первый год их внеутробного развития вызывает глубокие морфологические и функциональные изменения пищеварительных органов, костяка, печени и др.; наступают заметные изменения в обмене веществ животных. Эти изменения не устраняются в дальнейшем в онтогенезе даже при другом характере кормления животных во все последующие годы их жизни.

Нашими исследованиями подтверждена старая истина, что изменения организмов, под влиянием условий жизни, возникают в ходе всего индивидуального развития и что организмы более сильно подвержены влияниям условий жизни на ранних стадиях своего развития, или в периоде наиболее интенсивной деятельности. Эта истина формировалась в биологии, начиная с эмбриологических работ Аристотеля.

Нашими исследованиями на молочном скоте отмечено, что состояние обмена веществ стельных коров адэкватно сказывается на обмене веществ их эмбрионов. Особенно заметно влияние состояния материнского организма на обмен веществ зародыша в первую четверть беременности, т. е. в зародышевый период развития эмбриона. В настоящее время аналогичные исследования ведет наш аспирант Г. В. Танцуров в опытах на свиньях.

Теперь можно считать доказанным, что полуконцентратное и малоконцентратное кормление молодняка крупного рогатого скота, овец, свиней

и кроликов более полноценно, чем концентратное и бесконцентратное кормление. У овец может быть полноценным и бесконцентратное кормление, но при известном ассортименте хороших вегетативных кормов в рационе. Концентратное кормление — остродефицитно во многих отношениях, ведет к сильным нарушениям витаминного, минерального, азотистого и жирового обмена, к тяжелым заболеваниям животных (деминерализация костяка, нарушение функций паращитовидной железы, нарушение функций кроветворения и др.). Бесконцентратное кормление, особенно быстрорастущих животных (свиньи, кролики), приводит к задержке роста и минерализации костяка, а также к нарушениям функций терморегуляции у новорожденного потомства.

Результаты всех этих исследований опубликованы в ряде работ * нашего коллектива и обобщены в нашей работе «Основы учения о воспитании сельскохозяйственных животных» (изд. АН УССР, Киев, 1955).

В настоящее время можно привести результаты исследований по изучению последствий разного характера кормления 3—4 смежных поколений овец, свиней и кроликов. Эти длительные экспериментальные исследования были нами организованы и проводились с 1948 по 1955 г. в ряде хозяйств.

У овец породы прекос полноценное кормление до первой стрижки способствовало увеличению настрига шерсти из поколения в поколение. В третьем поколении так же, как и в первом, настриги шерсти у овец бесконцентратного кормления и с подкормкой жмыхом были выше настригов шерсти у овец с подкормкой смесью концкормов, преимущественно злаковых — углеводистых. Такая же закономерность наблюдается и в использовании азотистых веществ корма.

Исследованиями нашей аспирантки Л. Ф. Жменько на свиньях, находившихся под опытами в течение трех — четырех поколений, установлено ряд интересных закономерностей.

Переваримость безазотистых экстрактивных веществ, клетчатки и золы у свиней полуконцентратного кормления выше, чем у свиней концентратного кормления (табл. 1).

Таблица 1

Средние коэффициенты переваримости веществ корма у свиней разного типа кормления в III—IV поколении

Тип кормления свиноматок	Безазотистые экстрактивные вещества	Клетчатка	Зола
Концентратный	88	25	26
Полуконцентратный	93	39	47

В использовании переваримого азота во все периоды супоросности наблюдается некоторое преимущество в группе свиней полуконцентратного кормления (табл. 2).

Изучение плодовитости у 61 убитых супоросных маток показало преимущества полуконцентратного кормления перед концентратным (табл. 3).

* П. Д. Пшеничный, О воспитании стойкости организма с.-х. животных, ж. «Советская зоотехния», № 8, 1950, П. Д. Пшеничный, Изменения в организме молодняка крупного рогатого скота под влиянием типа его воспитания. Сб. трудов Харьковского зооинститута, том V, вып. 1, 1948. А. Е. Коноваленко, О влиянии сочных и грубых кормов на продуктивность свиней. Сб. трудов Харьковского зооинститута, т. VI, 1951 В. П. Демьянчик; В. П. Коршун; И. А. Тревога; К. С. Обенко; П. Д. Пшеничный и Е. Н. Ивицкая; И. Н. Бутковский, Сборник работ по кормлению сельскохозяйственных животных, Сельхозгиз, М.—Л., 1954.

Таблица 2

Средние коэффициенты отложения переваримого азота у свиней разного типа кормления в III—IV поколении в разные периоды супоросности

Тип кормления свиноматок	III декада супоросности	IV декада супоросности	VII декада супоросности	IX декада супоросности
Концентратный	34,4	21,8	22,8	30,6
Полуконцентратный	43,3	22,6	26,1	32,8

Таблица 3

Потенциальная и фактическая плодовитость свиней разного типа кормления в III—IV поколении

Тип кормления свиноматок	Число маток	В среднем на 1 матку		
		Количество желтых тел	Количество плодов	Плодов (в % к желтым телам)
Концентратный	34	18,3	12,2	66,7
Полуконцентратный	27	20,4	14,4	71

Особый интерес представляют изменения у эмбрионов этих свиней. В свое время в опытах нашего коллектива и в ряде других опытов было отмечено, что под влиянием кормления объемистыми кормами увеличиваются размеры органов, непосредственно связанных с функциями питания, т. е. органов пищеварения, кровообращения, дыхания и ряда других внутренних органов свиней, крупного рогатого скота, овец и кроликов в половозрелом возрасте.

У эмбрионов убитых свиноматок III и IV поколения, начиная с девятой декады внутриутробного развития, обнаруживаются существенные различия в размерах внутренних органов в зависимости от типа кормления матерей (табл. 4, 5, 6, 7).

Таблица 4

Размеры внутренних органов эмбрионов свиней на 80 день внутриутробного развития при разном характере кормления

Тип кормления свиноматок	Вес (в *г*)						Длина кишечника (в *см*)		
	легких	сердца	печени	почек	поджелудочной железы	желудка и кишок	тонкого	толстого	всего
Концентратный	13,9	3,9	18,2	5,5	0,8	20,7	161	42	203
Полуконцентратный	17,0	3,2	18,0	5,1	0,7	19,8	159	47	206

Таблица 5

Размеры внутренних органов эмбрионов свиней на 90 день внутриутробного развития при разном характере кормления матерей

Тип кормления свиноматок	Вес (в *г*)						Длина кишечника (в *см*)		
	легких	сердца	печени	почек	поджелудочной железы	желудка и кишок	тонкого	толстого	всего
Концентратный	19,5	4,8	20,1	6,0	0,9	30,8	197	57	254
Полуконцентратный	21,7	5,6	25,4	8,1	1,1	47,5	226	64	290

Таблица 6

Размеры внутренних органов эмбрионов свиней на 100 день внутриутробного развития при разном характере кормления матерей

Тип кормления свиноматок	Вес (в г)						Длина кишечника (в см)		
	легких	сердца	печени	почек	поджелудочной железы	желудка и кишок	тонкого	толстого	всего
Концентратный	24,2	7,2	26,5	8,8	1,5	49,4	260	69	329
Полуконцентратный . . .	30,7	7,5	31,7	9,9	1,3	57,3	315	81	396

Таблица 7

Размеры внутренних органов поросят при рождении при разном характере кормления матерей

Тип кормления свиноматок	Вес (в г)						Длина кишечника (в см)		
	легких	сердца	печени	почек	поджелудочной железы	желудка и кишок	тонкого	толстого	всего
Концентратный	14,0	8,2	19,0	5,7	1,3	53,2	350	75	425
Полуконцентратный . . .	20,0	8,2	26,7	8,9	1,7	60,8	428	87	515

Данные, приведенные в таблицах 4, 5, 6 и 7, показывают, что в 80-дневном возрасте эмбрионов нет существенной разницы в размерах внутренних органов. Лишь вес легких у эмбрионов свиней группы полуконцентратного кормления заметно выше, чем у эмбрионов маток концентратного кормления.

Опыты по изучению газообмена показали, что во всех случаях полуконцентратное кормление связано с заметным повышением вентиляции легких. Усиление функций легких влечет за собой увеличение их размеров, в процессе онтогенеза. Это рано сказывается и на эмбрионах в четвертом поколении подопытных свиней.

Начиная же с 90 дня супоросности маток, размеры легких, сердца, печени, почек, поджелудочной железы, желудка и кишок у эмбрионов свиноматок полуконцентратного кормления заметно большие, чем у эмбрионов свиноматок концентратного кормления.

Само собою разумеется, что здесь сказалось не непосредственное влияние кормления на эмбрионы, а влияние измененного, под воздействием характера кормления, обмена веществ материнского организма на внутриутробное развитие плодов.

Таблица 8

Химический состав тела эмбрионов свиней группы полуконцентратного кормления в процентах к составу эмбрионов свиней группы концентратного кормления

Возраст эмбрионов	Вода	Зола	Протеин	Жир	Безазотистые экстрактивные вещества	Кальций	Фосфор
50 дней	100	108	98	107	95	100	100
90 дней	102	91	103	103	106	86	89
При рождении . .	101	102	102	108	84	114	112

Химический анализ показал (табл. 8), что в начале, в середине и в конце плодного периода нет закономерной разницы в содержании воды и органических веществ в теле эмбрионов. Содержание минеральных веществ в теле эмбрионов свиноматок полуконцентратного кормления в 90 дней заметно ниже, а при рождении или одинаково или даже выше, чем у эмбрионов маток концентратного кормления. Можно считать, что типы кормления свиней на протяжении трех—четырех поколений не вызвали существенных и закономерных изменений в химическом составе тела эмбрионов.

В течение 3 лет (1948—1950 гг.) наша аспирантка Е. С. Безбородова проводила экспериментальные исследования по изучению влияния типа кормления на развитие кроликов. Опыт проведен последовательно на трех смежных поколениях кроликов. Кролики I группы получали концентратные рационы, содержавшие в среднем 46% (по питательности) концкормов. Кролики II группы в первом поколении получали бесконцентратные рационы. Было выяснено, что систематическое, бесконцентратное кормление крольчих влечет за собою рождение крольчат, слабоустойчивых к холоду. В связи с этим во втором и третьем поколениях кролики II группы в возрасте до 3 месяцев и во время беременности получали полуконцентратные рационы. В остальное время им концкормов не давали.

Все подопытные кролики все время содержались в клетках во дворе.

Таблица 9

Химический состав тела новорожденных крольчат II группы в % к составу тела крольчат I группы (полуконцентратной) в разных поколениях

Поколение	Вода	Зола	Протеин	Жир	Безазотистые экстрактивные вещества
Второе	101	100	100	90	104
Третье	100	95	104	84	127

Химический анализ тушек новорожденных крольчат показал, что разное кормление матерей оказало сильное влияние на содержание жира в теле крольчат. В теле новорожденных крольчат группы маток бесконцентратного и малоконцентратного кормления жира было заметно меньше, чем в теле крольчат от маток полуконцентратного кормления (табл. 9). Причем, эта разница была закономерной и математически достоверной.

Следует заметить, что подобной картины в содержании жира в теле эмбрионов и новорожденных мы не могли отметить у свиней (табл. 8).

Возможно, что здесь сказалось то, что эти два вида животных различны по доношенности в эмбриональный период. Кролики относятся к незрелорождающимся животным, а свиньи рождаются настолько доношенными животными, что детеныши могут сразу же следовать за матерью.

Таким образом, влияние кормления самок сельскохозяйственных животных сказывается на химическом составе их плодов по-разному, в зависимости от вида животных.

Тип кормления самок кроликов повлиял на размеры внутренних органов их потомства в общем так же, как это имело место и у свиней. Бесконцентратное и малоконцентратное кормление способствовало увеличению размеров желудочно-кишечного тракта, сердца, легких, почек и др. внутренних органов кроликов. Как у овец и свиней, так и у кроликов кормление объемистыми кормами способствовало увеличению размеров лицевой части черепа.

ВЫВОДЫ

1. Характер кормления вызывает заметные функциональные и морфологические изменения у сельскохозяйственных животных (использование кормов, генеративные функции, размеры внутренних органов).

2. Изменения в организме животных, возникшие под влиянием кормления, влекут за собой соответствующие изменения в размерах внутренних органов их эмбрионов во вторую половину внутриутробного развития.

3. Влияние характера кормления самок на химическую зрелость их плодов зависит от вида животных. Оно достаточно выражено у животных, рождающихся незрелыми — менее доношенными (кролики), и не выражено у животных, рождающихся доношенными (свиньи).

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Н. Н. КОЛЕСНИК,
доктор биологических наук, профессор

ОЦЕНКА КОНСТИТУЦИИ ЖИВОТНЫХ ПО ПРОМЕРАМ ЭКСТЕРЬЕРА

Учение о конституции сельскохозяйственных животных является весьма важным, но вместе с тем и крайне слабо разработанным разделом зоотехнической науки. Несмотря на свою давнюю историю, оно еще не имеет установившегося представления о сущности конституции и способах ее изучения. В этой связи оценка животных по конституциональным их особенностям еще не получила широкого распространения в практике животноводства, хотя надобность в этом безусловно большая.

Не останавливаясь на изложении разных точек зрения в этом отношении, отметим, что конституция как определенная особенность организма является крайне сложным признаком; она рассматривается обычно в плане обобщения всех качеств животного в целом.

Для учета и оценки конституциональных особенностей животного с давних пор пользовались и пользуются разными признаками экстерьера, интерьера, гистологии, физиологии и т. д. Причем во всех этих случаях рекомендуемые признаки предлагалось рассматривать как наиболее существенные и с помощью их устанавливать те или иные типы конституций. Таким путем выделялись крупноклеточные и мелкоклеточные типы, дыхательный и пищеварительный, широкотелый и узкотелый, крепкий и слабый типы и т. д. Однако несмотря на свою простоту этот путь оценки и классификации животных по типам конституции оказался мало эффективным.

Чтобы характеризовать животное в целом, его необходимо изучать и оценивать одновременно с разных сторон по комплексу признаков. Причем оценка этих показателей должна быть не в абсолютных, а в относительных величинах, с учетом характерных качеств стада, породы, вида и других массивов скота (генеральных совокупностей), в пределах которых производится оценка отдельных животных по конституции. В соответствии с этим оценка одних и тех же животных при внутрипородных и межпородных сопоставлениях будет выглядеть по-разному. Учитывая эти соображения, более подробно сообщаемые в дальнейшем изложении, суть конституции мы рассматриваем как устройство и общую организацию тела животного, которые характеризуют направление индивидуального развития и представляют определенный тип его морфологических и физиологических особенностей.

Оценка животного по конституции может осуществляться на основе изучения разных его признаков, но практичной она будет только в том случае, если избранные для этой цели признаки будут подчеркивать основные направления в индивидуальном развитии животного и, вместе с тем, если

они будут легко доступными изучению в обычных производственных условиях.

Сравнительное изучение материалов в этом направлении показало, что для выявления важнейших конституциональных особенностей животного необходимо одновременно учитывать, по крайней мере, следующие три категории признаков животного — телосложение, жизнестойкость и темперамент. Первая особенность морфологического, а две других — физиологического порядка.

Телосложение является сложным признаком, его оценка может быть достоверной, если она производится не меньше, чем в трех следующих направлениях: 1) по ширине туловища (габитус), 2) по относительному развитию отдельных статей экстерьера (развитие) и 3) по состоянию массы тела животного (комплекция). Все эти признаки могут быть учтены как путем глазомерного описания, так и с помощью промеров экстерьера.

Ширина туловища оценивается при осмотре животного сзади и спереди. Для этой цели могут быть использованы промеры — ширина груди и ширина в моклоках, с последующим вычислением индекса широкотелости:

$$\frac{100 \times (\text{ширина груди} + \text{ширина в моклоках})}{\text{обхват груди}} \quad (1).$$

Оценка животных по ширине их туловища производится с целью выявления двух основных тенденций в изменчивости этого признака, а именно: широкотелости (эйрисомности) и узкотелости (лептосомности).

Развитие статей экстерьера учитывается в отношении выявления таких особенностей телосложения, как грубость и нежность. Под грубым телосложением, в данном случае, понимается относительное укрупнение отдельных статей (большеголовость, костистость, укрупненный зад или перед и т. д.), угловатость форм тела, ярко выраженная непропорциональность частей тела, чрезмерное развитие суставных образований и т. д. Нежное телосложение характеризуется качествами противоположного порядка — относительным измельчанием отдельных статей, общим утонением (нежностью) костяка, обеднением мускулатуры, сравнительно тонкой кожей, изреженным шерстным покровом и другими подобного рода особенностями. Наряду с глазомерным описанием, характер развития отдельных статей экстерьера можно учитывать также с помощью индексов промеров. Основными для этой цели можно считать следующих три индекса по развитию статей экстерьера:

1) 100 × обхват пясти : высота в холке (2).
2) 100 × длина головы: косая длина туловища (палкой) (3).
3) 100 × боковая длина зада : косая длина туловища (палкой) (4).

Состояние массы тела животного (комплекция) оценивается в направлении определения плотности и рыхлости телосложения. При глазомерной оценке, в данном случае, учитывается общий характер развития костяка, мышечной ткани и жировых отложений. Животные плотного телосложения будут отличаться относительно большим живым весом, плотной мускулатурой и кожей, крепким костяком и некоторой обтекаемостью форм тела. Рыхлое телосложение характеризуется подчеркнутым развитием подкожной соединительной и жировой ткани, относительно (по отношению к объему тела) меньшим живым весом, более глубоким туловищем, коротконогостью и сырой округленностью форм тела.

Для инструментальной оценки плотности телосложения (комплекции) рекомендуется следующий индекс плотности:

$$\frac{100 \times \text{живой вес}}{\text{обхват груди} \times \text{косая длина туловища (палкой)} \times {}^{1}/_{2}\ \text{ширины груди}} \quad (5).$$

Знаменатель данного индекса подсчитывается не в сантиметрах, а в дециметрах, для этого произведение трех промеров, дающее объемную величину, выраженную в кубических сантиметрах, делим на тысячу, или переносим запятую влево на три знака. Плотность тела, как известно, определяется отношением массы тела к его объему; это положение в принципе использовано для построения вышеприведенного индекса.

Жизнестойкость рассматривается как своего рода мера сопротивляемости организма различного рода заболеваниям, подчеркивающая его крепость или слабость. Эта особенность конституции может быть учтена по внешнему виду животного, состоянию здоровья, его поведению, уровню продуктивности, на основе ветеринарной документации и других источников. Крепкая жизнестойкость характерна здоровым, прочно построенным, сильным и выносливым животным; а слабая — относительно хилым, болезненным животным с теми или иными пороками экстерьера.

Темперамент или характер поведения животного является важным показателем функционального состояния нервной системы. Для определения основных типов нервной деятельности или темпераментов (тормозного, возбудимого, подвижного и медлительного) небходимо прежде выяснить: силу, уравновешенность и подвижность нервных процессов. Техника определения всех этих показателей нервной деятельности сельскохозяйственных животных пока еще слабо разработана, но контуры основных типов высшей нервной деятельности у животных хорошо очерчены в работах И. П. Павлова и его школы, что, безусловно, облегчает изучение и оценку с.-х. животных в этом направлении.

На основе изучения и оценки перечисленных выше отдельных признаков морфологического и физиологического порядка выявляются определенные конституциональные особенности животных. Эти особенности могут служить основанием для определения типов конституции.

Отдельные конституциональные свойства животных, подчеркивающие определенные тенденции в изменчивости признаков, не являются строго единичными. Они, как правило, в той или иной мере повторяются у многих особей, причем большей частью в разных сочетаниях. Такие повторения, наблюдаемые решительно по всем морфологическим и физиологическим признакам, позволяют разграничивать стадо (породу или другую совокупность) на группы животных со сходными особенностями как по отдельным признакам, так и по их комплексу. Характерные особенности таких групп называются типами, а признаки, общие для животных данной группы, — типичными.

Общий принцип распределения основных тенденций по изменчивости рассматриваемых нами морфо-физиологических признаков и определения типов конституции по этим признакам показаны в таблице 1.

Оценка конституции животных по их телосложению, жизнестойкости и темпераменту может быть достаточно конкретной только в том случае, если она производится в сравнительном аспекте с учетом условий и цели проводимой оценки. Чтобы правильно оценить тот или иной объект (особь, стадо, породу), необходимо прежде всего сравнить его с определенным стандартом или моделью. При оценке животных по морфологическим показателям конституции таким стандартом, мы считаем, может быть среднее качество по телосложению животных той генеральной совокупности, в пределах которой ведется исследование. Для такой оценки признаки экстерьера необходимо учитывать в количественном выражении путем инструментального их измерения. Показателями, характеризующими относительное развитие тех или иных экстерьерных особенностей животного,

Таблица 1

Определение типов конституции животных по комплексу признаков

Морфологические показатели телосложения по			Физиологические показатели по	
ширине туловища	развитию статей экстерьера	состоянию массы тела	жизнестойкости	темпераменту
Узкий	Нежный	Плотный	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный
		Рыхлый	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный
	Грубый	Плотный	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный
		Рыхлый	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный
Широкий	Нежный	Плотный	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный
		Рыхлый	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный
	Грубый	Плотный	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный
		Рыхлый	Крепкий	Медлительный
				Подвижный
			Слабый	Возбудимый
				Тормозный

являются индексы промеров. С помощью этих индексов можно довольно точно определить характер и степень выраженности тенденции в изменении особенностей телосложения в сторону широкотелости или узкотелости, грубости или нежности, плотности или рыхлости. Мерилом этой тенденции является величина модельного отклонения, которое находится путем вычисления отношений между индексами отдельных животных (в) и среднеарифметическими величинами тех же индексов (М).

Техника расчетов по определению численных значений таких модельных или конституциональных отклонений заключается в следующем.

Прежде всего устанавливается общий объем генеральной совокупности, в пределах которой изучаются отдельные его варианты. В нашем случае это будет стадо коров фермы учебно-опытного хозяйства УСХА, по которому в качестве примера дальше приводятся основные расчеты. Прежде всего подсчитываем средние величины тех промеров экстерьера, которые используются для построения индексов. Результаты этого подсчета показаны в таблице 2.

Таблица 2

Средние величины промеров экстерьера 32 коров учебно-опытного хозяйства УСХА

Название промеров	$M \pm m$	δ	C	lim
Высота в холке	135,7 ± 0,86	4,7	3,4	125—143
Косая длина туловища (палкой)	161,4 ± 1,00	5,5	3,4	149—172
Обхват груди	190,2 ± 0,82	4,5	2,4	157—205
Ширина груди	43,0 ± 0,51	2,8	6,4	36—48
Ширина в моклоках	52,8 ± 0,40	2,1	4,0	45—56
Длина головы	48,7 ± 0,46	2,5	5,2	45—52
Длина зада	51,5 ± 0,26	1,5	3,0	46—53
Обхват пясти	19,3 ± 0,18	1,0	5,3	16—23
Живой вес	584,4 ± 10,2	57,2	9,8	493—730

Среднеарифметические значения промеров дальше используем для вычисления соответствующих индексов средних величин промеров (табл. 3). Затем подсчитываем те же индексы промеров для отдельных коров, по которым нужно найти конституциональные их особенности или отклонения. Для иллюстрации хода вычислений такие расчеты мы производим сейчас только по одной корове Пташке, результаты которых приведены в таблице 3.

Таблица 3

Определение величины конституционального отклонения по индексам промеров у коровы Пташка

Название индексов	Корова Пташка (в)	Средняя величина по стаду (М)	Отношение показателей (в : М)	Конституциональное отклонение
А. Широкотелости				
1. 100 × (шир. груди + шир. в мокл.) : обхват груди	46,9	50,6	0,94	— 6
Б. Развития статей экстерьера				
2. 100 × обхв. пясти : высота в холке	13,4	13,1	1,03	+ 3
3. 100 × длина головы : косая длина туловища (палкой)	28,4	30,1	0,94	— 6
4. 100 × бок. длина зада : кос. дл. туловища (палкой)	31,5	31,9	0,99	— 1
В. Плотности				
5. $\frac{100 \times \text{живой вес}}{\text{обхв. груди} \times \text{кос. дл. тул.} \times \frac{1}{2}\ \text{шир. груди}}$	92,3	88,5	1,04	+ 4

Чтобы найти величину конституционального отклонения, необходимо прежде вычислить отношение между индивидуальным индексом изучаемой коровы (в данном случае коровы Пташки) и среднеарифметическим показателем соответствующего индекса промеров, подсчитанного для стада в целом (в : М). Если бы мы одновременно вели расчеты по нескольким коровам, то в результате вычисления этих отношений получили бы числа, имеющие значения больше или меньше единицы. Эти числа показывают характер и степень отличия каждого отдельного животного (варианта генеральной совокупности) по тем или иным признакам. Из таблицы 3, например, видно, что изучаемая корова Пташка имеет более узкое туловище, чем средний «стандарт» стада, а по обхвату пясти, наоборот, показатель

выше. Эти различия вырисовываются в более наглядной форме, если указанные отношения представить в виде конституциональных отклонений с положительными и отрицательными знаками.

Если отношение между сравниваемыми показателями индексов промеров (в : М) равно единице, то это значит, что данная особь по изучаемому признаку (индексу) соответствует среднему стандарту или модели данного стада. В том случае, когда это отношение меньше единицы, например, 0,94, отклонение, т. е. разность между этим числом и единицей, будет равна— 0,06, или, выражая это целым числом, получим —6; если же отношение больше единицы, например, 1,03, отклонение будет составлять +0,03, или +3.

Полученные таким образом при оценке отдельных животных показатели конституциональных отклонений со знаками плюс или минус показывают тенденцию изменения животного в определенную сторону: со знаком плюс в сторону широкотелости, грубости и плотности телосложения, а со знаком минус — в направлении узкотелости, нежности и рыхлости. Степень выраженности той или иной тенденции определяется цифрой отклонения.

В связи с тем, что развитие отдельных статей экстерьера (табл. 3), характеризующее пропорциональность телосложения, учитывается по трем индексам (2, 3, 4), конституциональное отклонение по таким особенностям телосложения, как грубость и нежность подсчитывается путем соответствующего суммирования всех трех частных модельных отклонений по каждому индексу.

В тех случаях, когда все три индекса промеров имеют одинаковые знаки отклонений — положительные или отрицательные, средняя величина их определяется обычным путем $\left(\frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}\right)$. Если же индексы промеров имеют уклонения с разными знаками, расчеты производятся несколько иначе. Прежде всего, по преобладанию положительных или отрицательных уклонений, необходимо определить преобладающую особенность в развитии статей экстерьера. Если положительные уклонения (по трем индексам) больше суммы отрицательных уклонений, развитие статей экстерьера обозначается как грубое, а если меньше, то — как нежное. Если числа положительных уклонений в сумме равны отрицательным,— развитие считается грубым.

Количественное выражение степени грубости и нежности учитывается следующим образом. Для грубого развития усредненный показатель уклонения находится путем вычисления среднеарифметической величины от суммы всех чисел уклонений независимо от их знаков, например: $\left|\frac{(+5) + (-4) + (+2)}{3} = \frac{11}{3} = +3{,}7\right|$. Полученный таким образом показатель пишется с положительным знаком. Чтобы найти усредненный показатель нежного развития экстерьера от суммы отрицательных величин, нужно отнять сумму положительных уклонений и остаток разделить на 3. Полученная величина пишется со знаком минус, например:

$$\frac{(-11) - (+3) + (+2)}{3} = \frac{(-11) - (+5)}{3} = \frac{-6}{3} = -2.$$

Многочисленные материалы по изучению конституциональных особенностей крупного рогатого скота показывают, что все перечисленные выше тенденции в изменении телосложения встречаются у разных животных в разных сочетаниях. Узкотелые, равно как и широкотелые животные могут быть как грубого, так и нежного телосложения; а последние в свою

очередь могут встречаться в сочетаниях как с плотной, так и с рыхлой комплекцией. Наглядным примером в этом отношении могут служить данные, приведенные в таблице 4, представляющие результат оценки некоторых коров по морфологическим особенностям их конституции в стаде учебно-опытного хозяйства УСХА.

Таблица 4

Морфологические показатели типов конституции коров учебно-опытного хозяйства УСХА

Кличка коров	Возраст коров	Конституциональные отклонения по индексам промеров						Название конституций
		широкотелости (А) 1	развития стате	экстерьера			плотности (В) 5	
			2	3	4	(Б) 2+3+4		
Березка . . .	8	+ 2	+1	+3	−1	+ 3	+10	Широкий, грубоплотный
Молва	7	+ 2	−8	−1	−1	−10	−15	Широкий, нежнорыхлый
Белка	5	− 2	−3	−6	+1	− 8	− 3	Узкий, нежнорыхлый
Доця	5	+ 2	+1	+6	−3	+ 4	− 4	Широкий, груборыхлый
Маргарита . .	5	+ 2	−2	+2	−2	− 2	−10	Широкий, нежнорыхлый
Росинка . . .	5	− 5	+1	+6	+2	+ 9	+ 8	Узкий, грубоплотный
Ласка	4	− 2	+4	−2	+4	+ 6	+14	Узкий, грубоплотный
Мировая . . .	4	−12	+9	−5	−5	− 1	+13	Узкий, нежноплотный
Лента	4	+ 1	−6	+2	+5	+ 1	− 6	Широкий, грубоплотный
Фаворитка . .	3	+ 6	−2	−7	−8	−17	−13	Широкий, нежнорыхлый

Учитывая то обстоятельство, что для оценки морфологического типа конституции нами использовано три признака телосложения — габитус по ширине туловища, развитие по статьям экстерьера и комплекция по плотности телосложения, каждый из которых учитывается по двум возможным тенденциям в его изменчивости; можно ожидать восемь различных сочетаний по этим признакам. В таблице 4 они почти все и представлены налицо. Каждое из этих восьми сочетаний мы рассматриваем как определенный морфологический тип конституции.

Понятие и объемное содержание типа в известной мере является условным. Оно подчеркивает лишь сам факт обобщения какой-то группы животных с повторяющимися признаками. В зависимости от того, как много и какие признаки берутся за основу оценки животных, объем и дробность выделяемых типов могут быть совершенно разными.

Нельзя, конечно, стремиться к выделению весьма большого количества типов, так как это крайне затруднило бы практическое использование их в зоотехнической работе. Однако и чрезмерное упрощение в этом отношении также не является полезным. Если оценку конституции животных ограничить изучением только одного признака с учетом двух его основных (противоположных) тенденций в изменчивости, то число типов можно свести всего лишь к двум или трем, при таком подходе к оценке животных по конституции необходимо допустить, что все другие признаки (или по крайней мере большинство их) тесно коррелированы с т. н. основным, который рассматривается как диагностирующий признак, определяющий конституциональные особенности животного. На самом деле отношения между признаками значительно сложнее. В процессе эволюционного развития животных в разных условиях выращивания, отбора и подбора ранее сложившиеся корреляции неизбежно нарушаются и взамен их создаются новые, в иных сочетаниях. Поэтому определение типа конституции животных нельзя производить на основе только одного, хотя бы и весьма важного признака.

Сущность предлагаемого метода оценки животных по морфологическим показателям конституции заключается таким образом в том, что изучение отдельных особей стада рекомендуется, прежде всего, производить на основе сравнения их со средними величинами по данному стаду. Это стадо рассматривается как генеральная совокупность (в смысле математической статистики), в пределах которой определяются величины положительных и отрицательных отклонений в изменчивости признаков по каждой особи (варианту) от средних величин изучаемых признаков.

Объем генеральной совокупности может быть различным в зависимости от цели исследования. При изучении индивидуальных различий генеральная совокупность должна быть сравнительно однотипной по возрасту, полу, породе и т. д. Для учета возрастных различий генеральная совокупность должна представлять, примерно, в равных соотношениях поголовье всех исследуемых возрастных групп; то же самое и в отношении половых различий. Если требуется выяснить конституциональные различия между отдельными группами или стадами животных, то генеральной совокупностью в данном случае будет более обширная группа животных, представляющая поголовье района, области или породы в целом. Породные различия по особенностям конституции животных могут быть выявлены путем такого же рода сравнительного анализа на основе учета отклонений этих пород, или более мелких групп, рассматриваемых как показатели отдельных вариантов от средних величин генеральной совокупности, объединяющей изучаемые породы.

Все эти расчеты по определению типов конституции животных, ориентированные на сопоставление отдельных вариантов со средними показателями изучаемой генеральной совокупности, относятся, как выше отмечалось, только к изучению морфологических показателей конституции, определяемых по телосложению животных.

Оценка животных по признакам физиологического порядка — жизнеспособности и темпераменту выполняется по другому.

При определении жизнеспособности (крепость организма) следует ориентироваться не на средних животных данной генеральной совокупности, а на тех, которые обладают наибольшей крепостью. Животные, уклоняющиеся от них в сторону некоторой ослабленности организма, относятся к категории слабых. Границу показателей того и другого порядка необходимо выявлять в каждом отдельном случае на основе соответствующего изучения данной генеральной совокупности — по внешним признакам, продуктивности, клиническим и ветеринарным показателям.

Темперамент животных определяется на основе изучения условных рефлексов, в результате чего устанавливается принадлежность животного к одному из четырех основных типов нервной деятельности — возбудимому, подвижному, медлительному и тормозному.

Каждый из этих типов характеризуется своими определенными особенностями в отношении поведения животных. Эти особенности в общих чертах повторяются у животных не только разных пород, но и видов. Тем не менее, однако, при конкретной оценке по темпераменту животных той или иной генеральной совокупности и в данном случае необходимо учитывать особенности данной совокупности.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Г. Т. КЛИЦЕНКО,
кандидат сельскохозяйственных наук

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДАЧ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ В РАЦИОНАХ МОЛОЧНЫХ КОРОВ НА ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА

Многочисленными опытами на сельскохозяйственных животных установлено, что использование азота организмом зависит не только от биологической полноценности азотистых веществ, но также и от биологической полноценности всего рациона. В частности использование азота в большой степени зависит от минеральной части и в первую очередь от содержания в рационе хлористого натрия (поваренной соли).

Вопрос об отношении влияния поваренной соли на обмен азота давно интересовал ученых, но он еще и до настоящего времени решен недостаточно.

На основании первых работ по этому вопросу Фойт, Берраль (по Дубилиру, 1882) и др. можно было заключить, что после введения поваренной соли усиливается обмен азотистых веществ и увеличивается выделение азота с мочой. Но Дубилир Д. Д. (1882), Шелк и др. при этом наблюдали совсем обратное явление, Так, опыты Дубилира показали, что большие дачи поваренной соли, без одновременной достаточной дачи воды, не увеличивают, а уменьшают выделение азота почками. Фойт впервые пытался изучить влияние воды на обмен азота. Вначале он установил, что количество воды влияет на обмен азота. Но дальнейшие его опыты показали, что введение в организм воды не всегда увеличивает выделение азота, а только тогда, когда одновременно увеличивается количество мочи.

Таким образом, если и существует связь между увеличенным потреблением или выделением из организма воды и усиленным выделением азота, то это зависит от того (по мнению многих авторов), что мочевина и другие азотистые вещества лучше выщелачиваются из тканей и выделяются.

Из опытов Оппенгейма видно, что при введении в организм большого количества воды усиленное выделение мочевины было обнаружено только в первое время, а в дальнейшем ее выделение приходит в норму при сохранении равных условий.

Известно, что после введения в организм поваренной соли обычно увеличивается количество мочи; при этом, так же как и после быстрого приема большого количества воды, может наблюдаться и более быстрое выделение накопившихся азотистых продуктов распада. Поэтому при сравнительно непродолжительном наблюдении такие явления чаще всего трактуются как повышенный распад белков.

Если же при сравнительных исследованиях вода с самого начала вводится в достаточном количестве, то в периоды введения поваренной соли не может иметь место ни вымывания азотистых продуктов распада, ни

обеднение организма водой, и мы можем наблюдать действие соли в чистом виде. При этом оказывается, что распад белка под влиянием хлористого натрия замедляется и в связи с этим может повышаться в определенных размерах отложение белка (Кельнер О., 1926).

Обобщая обширный материал о влиянии хлористого натрия на азотный обмен в организме, Генри (1911) тоже приходит к выводу, что поваренная соль слегка способствует уменьшению разложения протеина в теле животного, но не увеличивает потерю его, как это думали исследователи, ранее занимавшиеся этим вопросом.

Другие соли из минерального питания животных по-разному влияют на обмен азота, что можно видеть из следующих опытов.

Ротенстен (Rottensten, 1937) в опытах на растущих валах показал влияние солей натрия и кальция на азотный обмен. В группе животных, где вводился в рацион бикарбонат натрия, было замечено уменьшение выделения аммиака в 2 раза по сравнению с группой, где был введен углекислый кальций. Такие же результаты получил и Броувер (Brouwer, 1933) на коровах.

В опытах на свиньях Петерсон (1931) изучал влияние различных минеральных добавок к рациону свиней на содержание в моче кислот и оснований. Моча без минеральной подкормки была довольно кислая с большим количеством аммиака. После дачи добавки $CaCO_3$ кислотность мочи уменьшалась и даже становилась щелочной при неизменном количестве аммиака. Когда же $CaCO_3$ был заменен эквивалентным количеством солей натрия, то кислотность и количество аммиака значительно понизились. Терроине (Terroine, 1933) изучал влияние хлористого натрия и хлористого калия на азотный обмен у свиней и установил, что добавка хлористого натрия к рациону увеличивала отложение азота в теле, а хлористого калия — уменьшала.

Из многочисленных опытов видно положительное влияние солей натрия на обмен азота. Однако нельзя утверждать, как это делает и М. Е. Тамарченко (1946), что всякое введение в организм поваренной соли или бикарбоната натрия даст положительный результат в смысле улучшения использования азота. В этом сложном вопросе очень большое значение имеет количество вводимых солей в рацион, состав рациона, предшествующее питание, сезон года и другие факторы, которые необходимо всегда учитывать.

Все изложенные материалы опытов показывают актуальность изучения отношения хлористого натрия к обмену азота. Для изучения этого вопроса в течение 1953 и 1954 гг. в учебном хозяйстве Харьковского зоотехнического института нами было проведено два опыта на молочных коровах. В каждом опыте находилось по 12 дойных коров симментальской и остфризской пород как чистопородных, так и помесей II и III поколений. Было сформировано 3 группы коров. Подбор коров в группы производили по принципу аналогов. Все опытные коровы были на II и IV лактации с удоями от 3 до 4,5 тыс. килограммов молока за 300 дней лактации. В опыт брались коровы не раньше 35 дней после отела.

В течение первого опыта 3 раза, а во втором опыте 2 раза нами был изучен обмен азота в зависимости от различных дач поваренной соли в рационах. Одновременно с обменом азота мы изучали обмен минеральных веществ, переваримость рациона, гематологические и клинические показатели крови и продуктивность животных на основе общепринятых методик. Обмен азота в каждом опыте определяли на 9 коровах, т. е. по 3 коровы-аналога в каждой группе.

Кормление подопытных коров было индивидуальное по нормам ВИЖ'а (Попов И. С., 1951). Обычно рацион состоял из 6—7 *кг* сена (разного), 2—3 *кг* соломы, 14—18 *кг* кормовой свеклы, 14—18 *кг* силоса кукурузного и 5—7 *кг* смеси концкормов. Количество поваренной соли в рационе в каждом опыте в зависимости от периода было разное для каждой группы; 5, 10, 15 и 20 *г* на 1 кормовую единицу, что составляло в среднем от 80 *г* до 362 *г* на 1 голову в сутки. Вся норма поваренной соли во всех группах задавалась в смеси с суточной нормой концкормов. Отбор средних проб для анализов методически был строго выдержан.

Первый опыт по методу групп периодов с обратным замещением был проведен с января по май 1953 г. Опыт проходил по следующей схеме (табл. 1).

Таблица 1

Схема первого опыта по методу групп периодов с обратным замещением

Группа и число коров	I период 25 дней подготовительных + 8 дней учетных	II период 20 дней подготовительных + 8 дней учетных	III период 20 дней подготовительных + 8 дней учетных
1 4 коровы	ОР (основной рацион) + 5 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу	ОР + 10 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу	ОР + 15 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу
2 4 коровы	ОР + 10 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу	ОР + 15 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу	ОР + 5 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу
3 4 коровы	ОР + 15 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу	ОР + 5 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу	ОР + 10 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу

Для проверки результатов первого опыта нами был проведен второй опыт по групповому методу с декабря 1953 г. по апрель 1954 г. Во время проведения опыта была принята следующая схема (табл. 2).

Таблица 2

Схема второго опыта по групповому методу

Группа и число коров	Предварительный период: 25 дней подготовительных + 10 дней учетных	Основной (опытный) период: 60 дней подготовительных + 10 дней учетных
1 (контрольная) 4 коровы	ОР (основной рацион) + 10 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу	ОР + 10 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу
2 4 коровы	То же	ОР + 15 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу
3 4 коровы	То же	ОР + 20 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу

Полученные данные по обмену азота в первом опыте приведены в таблице 3.

Из этой таблицы видно, что потребление с кормом азота в I и III периодах во всех группах коров было почти одинаковым и несколько больше (на 30—50 *г*) во II периоде. Отложение азота в теле у коров 3 группы I периода на 10,2—10,4 *г* было больше, чем у коров 1 и 2 групп, получавших в этот период меньшие дачи поваренной соли в рационе.

Таблица 3

Среднесуточный обмен азота у подопытных коров

(среднее по группам)

Первый опыт

Группы коров	Поваренной соли на 1 голову в сутки (в г)	Принято азота в корме (в г)	Выделено азота		Выделено азота в молоке (в г)	Отложено азота в теле (в %)	Использовано азота	
			в кале (в г)	в моче (в г)			принятого (в %)	переваренного (в %)
I период								
1 группа	78	337,3	115,2	76,2	94,6	51,3	43,2	65,7
2 »	162	348,3	122,7	72,6	102,0	50,9	43,9	67,8
3 »	252	356,6	114,1	74,7	106,3	61,5	47,0	69,2
II период								
1 группа	158	369,9	126,2	114,2	81,7	47,8	35,0	53,1
2 »	238	370,2	132,7	91,7	91,7	54,2	39,4	61,4
3 »	86	416,2	142,1	135,2	92,9	46,0	33,4	50,7
III период								
1 группа	232	339,5	122,0	78,1	79,0	60,4	41,1	61,1
2 »	80	339,9	130,9	80,7	82,8	45,5	37,7	61,4
3 »	175	377,9	142,5	89,0	87,4	59,0	38,7	62,2

Такое же явление наблюдается и у коров 1 группы III периода, где с увеличением потребления соли до 235 *г* в сутки увеличивается и отложение азота в теле на 9,1 *г*, или на 18% больше в сравнении с I периодом, хотя при этом количество поступившего азота с кормом оставалось почти без изменений.

Во II периоде с увеличением поступления азота с кормом его использование несколько снижается у коров 1 группы, но особенно резко уменьшается в 3 группе, получавшей в этот период минимальное количество соли в рационе. Однако у коров 2 группы в этот же период с увеличением потребления соли использование азота почти не уменьшается, а отложение азота в теле даже увеличивается в сравнении с I периодом.

Использование азота как принятого, так и переваренного в каждом периоде опыта было выше у коров тех групп, которые получали максимальное количество поваренной соли в рационе.

Обмен азота у подопытных коров второго опыта представлен в таблице 4.

Из данных этой таблицы видно, что в предварительном периоде коровы получали на 65—80 *г* азота больше, чем в основном (опытном) периоде. Такое уменьшение азота в кормах было вызвано недостатком жмыха в хозяйстве некоторым снижением продуктивности у отдельных коров на 5—6 месяце лактации.

В предварительном периоде, когда коровы всех групп получали равное количество соли по 10 *г* на 1 кормовую единицу, использование азота было почти одинаково для всех групп. При этом только отложение азота в теле у коров 2 группы было несколько ниже, чем у коров 1 и 3 групп.

Уменьшение азота в рационе коров всех групп основного (опытного) периода отразилось также на отложении азота в теле и незначительно на его использовании. Надо отметить, что при этом уменьшение поступления азота в рационе шло в основном за счет легкопереваримого азота в подсолнечниковом жмыхе.

Увеличенные дачи поваренной соли в рационах коров 2 и 3 групп основного (опытного) периода не вызывали увеличения выделяемого азота

с мочой, т. е. распада белка не происходило. Отложение азота в теле коров 2 и 3 групп в основном периоде было на 6 *г* больше (или же на 27% выше!), чем у коров 1 (контрольной) группы. Использование азота как принятого, так и переваренного было также несколько выше у коров 2 и 3 групп по сравнению с контрольной группой.

Таблица 4

Среднесуточный обмен азота у подопытных коров

(среднее по группам)

Второй опыт

Группы коров	Поваренной соли на 1 голову в сутки (в *г*)	Принято азота в корме (в *г*)	Выделено азота		Выделено азота в молоке (в *г*)	Отложено азота в теле (в *г*)	Использовано азота	
			в кале (в *г*)	в моче (в *г*)			принятого (в %)	переваренного (в %)
Предварительный период								
1 (контрольная) группа	176	416,9	123,1	125,2	102,5	66,1	40,4	57,3
2 группа	176	438,5	129,6	126,5	120,8	61,6	41,6	59,0
3 »	176	436,9	125,2	125,0	116,3	70,2	42,7	59,8
Основной (опытный) *период*								
1 (контрольная) группа	176	334,8	115,6	106,9	86,3	25,9	33,5	51,2
2 группа	271	371,3	131,6	99,4	108,1	32,0	37,7	58,5
3 »	362	374,4	127,6	108,4	106,7	31,7	37,0	56,1

Количества поваренной соли 15 и 20 *г* на 1 кормовую единицу в рационах коров основного периода имели одинаковые действия на обмен азота.

Таким образом, в наших опытах на молочных коровах лучшие результаты по обмену азота, т. е. лучшее отложение в теле и использование азота было у коров тех групп, которые получали повышенные дачи поваренной соли в рационе.

Объяснение положительному влиянию хлористого натрия на обмен азота можно найти, учитывая кислотно-щелочное равновесие в организме. Известно, что нормальные жизненные процессы в организме происходят лишь в определенной среде и обычно нейтральной или слабощелочной. Главным катионом в регулировании кислотно-щелочного равновесия является натрий, который нельзя полностью заменить избытком другого щелочного элемента. Поэтому все рационы, даже щелочные, с малым содержанием солей натрия считаются неполноценными.

Кроме того, в организме всегда много накапливается минеральных кислот. Нейтрализация их и выравнивание кислотно-щелочного равновесия происходит главным образом при образовании соединений с натрием. Если в тканевом депо натрия недостаточно, то для нейтрализации избытка минеральных кислот увеличивается образование аммонийных соединений в почках. При избытке в организме минеральных кислот белковые вещества корма используются хуже и животные тогда нуждаются в большем количестве белковых веществ в рационе (Дьяков М. И. и др., 1947).

В рационе для молочных коров с большим содержанием грубых кормов поступает большое количество солей калия. Опытами установлено, что избыток калия ухудшает использование азота, кальция и фосфора, а натрий в свою очередь улучшает. Избыточное количество калия в рационе,

как об этом указывает С. Я. Капланский (1931), усиливает окислительные процессы в организме, а натрий уменьшает их и создает наилучшие условия для процессов синтеза.

* * *

Проведенные одновременно с обменом азота другие исследования показывают, что переваримость рационов при разных дачах поваренной соли в рационах молочных коров почти не изменялась. Повышенные дачи соли положительно влияли на обмен кальция в сторону его лучшего использования и отложения в теле и не оказывали влияния на обмен фосфора.

Потребление воды при больших дачах поваренной соли в рационах молочных коров не увеличивалось. Как исследования крови, так и показатели молочной продуктивности коров не дали никаких изменений при разных дачах поваренной соли.

ВЫВОДЫ

1. Поваренная соль способствует повышению использования азота у молочных коров.

2. Отложение азота в теле на 20—25% было выше у коров тех групп, которые получали повышенные дачи соли в рационах (15 *г* на 1 кормовую единицу).

3. Количество поваренной соли в рационе 20 *г* на 1 кормовую единицу не улучшало использование азота в сравнении с 15 *г* поваренной соли на 1 кормовую единицу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяков М. И. и Голубенцева Ю. В., Минеральное питание сельскохозяйственных животных, Сельхозгиз, М., 1947.
2. Дубилир Д. Д., Еще некоторые опыты над влиянием воды и поваренной соли на выделение азота, Воен.-мед. журнал, 5, С.-Пб., 1882.
3. Генри В. А., Корма и кормление, С.-Пб, 1911.
4. Капланский С. Я., Биохимия кожи, Медгиз, М., 1931.
5. Кельнер О., Кормление сельскохозяйственных животных, Изд. «Мысль», Л., 1926.
6. Петерсон К., Влияние различных минеральных добавок на содержание в моче кислот и оснований в особенности на кислотность и содержание аммиака в моче, Бюл. Всес. н.-и. ин-та животноводства, 1931.
7. Попов И. С., Кормление сельскохозяйственных животных, 1951.
8. Тамарченко М. Е., Использование азота при различном минеральном питании, ж. «Вестник животноводства», № 4, 1946.
9. Brouwer, Über den Einfluss der Mineralsäuresilage auf das Säurebasen—Gleichgewicht, Biedermans Ltbl, Abt. B., Band, 7. H. I, 1933.
10. Rottensten, Forsog meg Basetilskud til stude poa. A.I.V. — voger. 172 de Baretning fra Forsogslaboratoriet, 1937.
11. Terroine, La metabolisme de l'azote, 1933 (БИО ВИЖ'а).

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. С. КАРАГЕЗОВА,
аспирант

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ НА КАЧЕСТВО КВАДРАТНО-ГНЕЗДОВОГО ПОСЕВА КУКУРУЗЫ И УСТАНОВКУ УЗЛОУЛОВИТЕЛЯ КВАДРАТНО-ГНЕЗДОВЫХ СЕЯЛОК

В производственных условиях квадратно-гнездовой посев кукурузы на больших массивах производится сеялками в агрегате с дизельными тракторами КД-35 и ДТ-54, с применением различных скоростных режимов (от 4 *км/час* — II передача до 6,28 *км/час* — IV передача).

Рис. 1. Общий вид испытательной установки.

С целью выяснения влияния скорости движения на качественные показатели посева и установку сеялок нами были проведены лабораторные испытания в почвенном канале Украинского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства.

Общий вид испытательной установки показан на рис. 1.

Исследования проводились на следующих пяти скоростных режимах: 2,11, 3,0, 4,8, 6,0 и 7,2 *км/час*.

Методика испытаний была следующая. Предварительно устанавливался узлоуловитель на некотором расстоянии впереди от плоскости клапана по нижнему обрезу, после чего машина работала с определенным постоянным скоростным режимом движения и производился высев семян с применением мерной проволоки. Затем проверялось совпадение центра гнезда с шайбами мерной проволоки.

Если центр гнезда совпадал с узлами мерной проволоки, то вынос узлоуловителя считался правильным. Результаты замеров расстояния выноса узлоуловителя (от оси вилки до плоскости клапана сошника по нижнему обрезу), заносились в журнал. Если же центр гнезда не совпадал с узлами мерной проволоки, т. е. происходило запаздывание или опережение по отношению направления движения, то узлоуловитель перемещался в сторону отклонения на такое же расстояние.

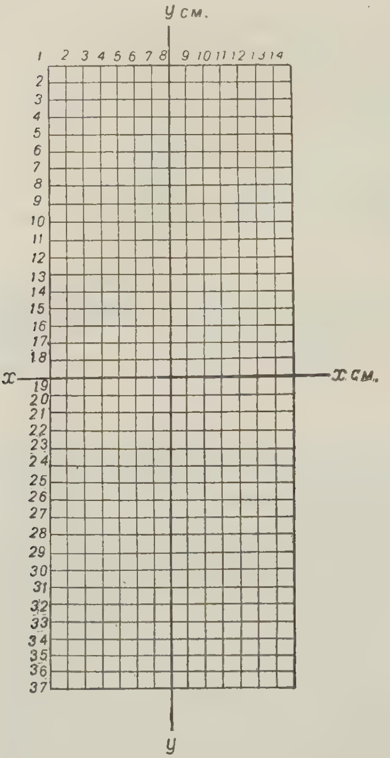


Рис. 2. Координатная сетка.

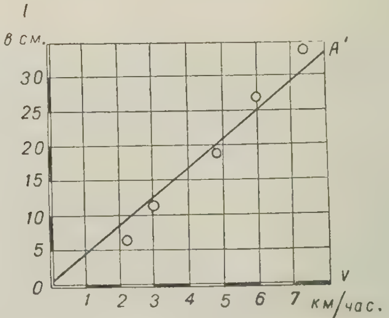


Рис. 3. Зависимость между скоростью движения V и расстоянием выноса узлоуловителя *l*.

Указанная методика применялась на всех скоростных режимах. Повторяемость опытов по каждому скоростному режиму была 18-кратная.

Качественные показатели посева, т. е. размещение семян относительно центра гнезда, определялись с помощью специальной координатной сетки. С этой целью натягивались шнуры по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Один из них натягивался по центрам гнезд, а второй в поперечном к нему направлении, проходившем через центр гнезда и шайбы мерной проволоки. Координатная сетка накладывалась на эти шнуры так, чтобы центральные оси (*xx*, *yy*) координатной сетки совпали с направлением натянутых шнуров. Координаты расположения зерен заносились в журнал.

Схема координатной сетки представлена на рис. 2, расстояние между смежными линиями сетки 1 *см*.

Измерения проводились с точностью до 1 *см*.

Распределение семян в гнездах учитывалось в каждом отдельном случае по десяти контрольным шайбам.

Статистическая обработка результатов исследования методом наименьших квадратов и методом основных моментов позволяет прийти к следующим выводам.

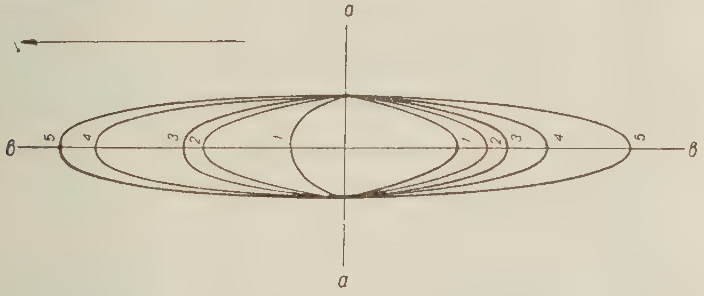


Рис. 4. Размещение семян относительно центра гнезда при разных скоростных режимах.

Между скоростью движения и расстоянием выноса узлоуловителя существует прямолинейная зависимость (рис. 3). Как видно из рисунка, линия OA является прямой регрессии-пропорциональности, проходящей через центр координат, и соответствует уравнению, где:

$l = av$,

l — расстояние выноса узлоуловителя,

a — коэффициент регрессии-пропорциональности,

v — скорость движения; точки соответствуют экспериментальным данным.

Коэффициент регрессии $a = 4{,}37$ позволяет определить расстояние выноса узлоуловителя при всех скоростных режимах.

Размещение семян относительно центра гнезда происходит по элипсу (рис. 4), где ось «*в*» соответствует продольному направлению движения (стрелкой на рисунке обозначено направление движения посева), а ось «*а*» поперечному направлению движения (ось «*а*» соответствует оси «*хх*» координатной сетки, ось «*в*» — «*уу*»).

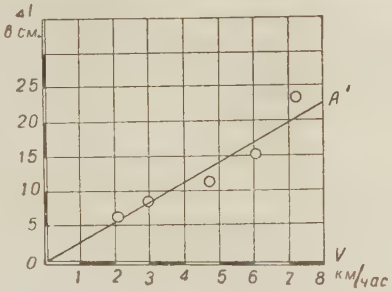


Рис. 5. Зависимость между скоростью движения V и длиною гнезда Δl.

Как видно из рисунка 4, отклонение гнезд в продольном направлении движения увеличивается с увеличением скорости и приводит к растяжению гнезда. Это объясняется тем, что смещение семян относительно центра гнезда увеличивается с увеличением скорости. В поперечном направлении укладка семян ограничивается габаритами сошника, и поэтому ширина гнезд остается постоянной при всех скоростных режимах.

Между скоростью движения и длиною гнезда существует прямолинейная зависимость (рис. 5), выражаемая уравнением:

$$\Delta l = a'v,$$

где: Δl — длина гнезда (расстояние между крайними семенами в продольном направлении движения),

a' — коэффициент регрессии-пропорциональности,

v — скорость движения.

При этом коэффициент регрессии $a' = 3{,}01$.

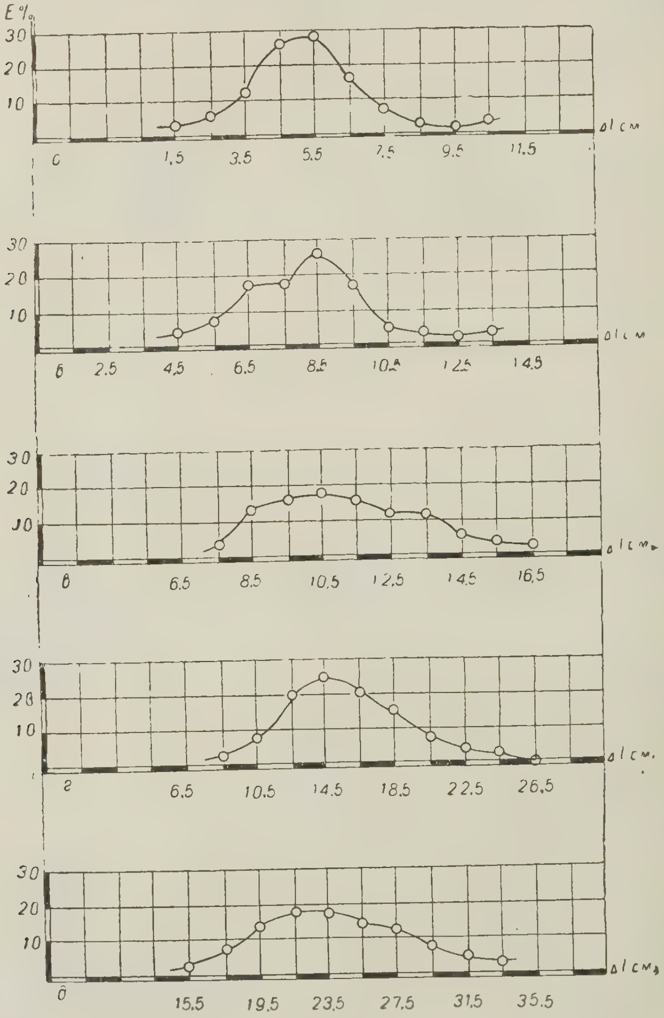


Рис. 6. Кривые нормального распределения длины гнезда при разных скоростях:

а) 2,11 *км/час*, б) 3,0 *км/час*, в) 4,8 *км/час*, г) 6,0 *км/час*, д) 7,2 *км/час*.

Как видно из рисунка 5, линия OA' соответствует прямой регрессии (кружочками на рисунке показаны экспериментальные данные).

Зависимость статистических рядов распределения длины гнезда от скорости движения следует закону нормального распределения и выражается уравнением:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, l^{\frac{-(x-M)^2}{2\sigma^2}},$$

где: σ — среднеквадратное отклонение,

M — среднеарифметическое значение длины гнезда в каждом отдельном случае,

x — длина гнезда в соответствующем варианте.

Соответствующие данные представлены в таблице 1, графики распределения — представлены на рис. 6.

Таблица 1

Данные, определяющие характер нормального распределения

Параметры	Обозначения	Скорость движения (в *км/час*)				
		2,11	3,0	4,8	6,0	7,2
Средняя арифметическая длина гнезда	M	5,85	8,55	11,623	15,159	23,788
Стандарт среднеарифметической	$\sigma_M \pm$	0,122	0,110	0,152	0,132	0,158
Среднеарифметическое отклонение	$\sigma \pm$	1,64	1,718	2,04	1,778	2,124
Основной момент I степени	m_1	—0,15	—0,45	0,683	·0,655	0,288
» » II »	m_2	2,6 2	3,15	4,672	3,589	4,6
» » III »	m_3	1,917	1,87	11,07	9,66	6,72
» » IV »	m_4	28,67	36,9	57,77	43,56	66,66
Коэффициент вариации (в %)	V	28,04	19,5	17,5	16.44	12,62
Коэффициент асимметрии	S	0,352	0,593	0,126	0,273	0,140
Эксцесс	E	—0,12	0,25	—0,092	—0,285	—0,064
Коэффициент точности асимметрии	m_S	0,181	0,181	0,181	0,181	0,181
Коэффициент точности эксцесс	m_E	0,364	0,364	0,364	0,364	0,364
Коэффициент точности распределения	H	1,49	1,22	0,43	2,03	1,63

Вышеприведенные зависимости позволяют правильно установить узлоуловитель при различных скоростных режимах и подобрать скорости движения по желаемому растяжению гнезд.

Например, если требуется получить длину гнезда 13 *см* (рис. 7), то следует работать на скорости 5,5 *км/час*, узлоуловитель должен быть вынесен вперед на 22 *см*. При этом дробление семян будет соответствовать 1,3% (на рис. 7 представлены пунктирными линиями). Как видно из рисунка, дробление семян (K) увеличивается по мере возрастания скорости движения, но до 6 *км/час* — незначительное.

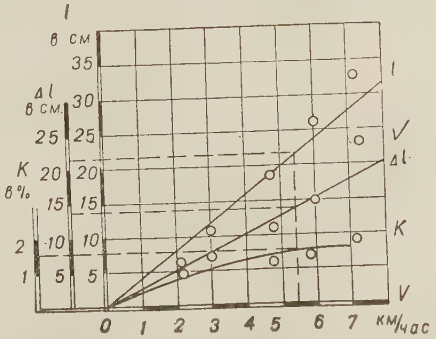


Рис. 7. Зависимость расстояния выноса узлоуловителя l, длины гнезда Δl, дробления семян K от скорости движения V.

Существующими аппаратами можно произвести квадратно-гнездовой посев кукурузы при скоростях от 3 до 6 *км/час*, получая вполне удовлетворительные качественные

показатели. Обязательным условием при этом является постоянство выбранного скоростного режима на протяжении всего гона.

Правильный выбор скоростных режимов при квадратно-гнездовом посеве кукурузы калиброванными семенами позволит получить необходимое относительное размещение семян в гнезде и полностью исключить затраты ручного труда на прорывку.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. Г. КУЗЬМИНСКИЙ

К ТЕОРИИ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

Известно, что применение для поворота направляющих колес трактора механизма, называемого рулевой трапецией, не позволяет точно осуществить требуемую зависимость между углами поворота соединяемых колес. Поэтому оптимальными следует считать такие значения параметров рулевой трапеции, при которых устанавливаемая зависимость между углами поворота направляющих колес будет минимально отклоняться от требуемой.

Требуемая зависимость между углами поворота направляющих колес определяется из условия, необходимого для качения их без скольжения, согласно которому проекции осей вращения всех колес на опорную плоскость при повороте машины должны пересекаться в одной точке.

При установке шкворней поворотных цапф направляющих колес вертикально к опорной плоскости этому условию, как известно, соответствует следующая зависимость между углами поворота управляемых колес

$$\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha = \frac{b_0}{L} \qquad (1),$$

где: α — угол поворота внутреннего, т. е. расположенного ближе к центру поворота, колеса,
β — угол поворота наружного колеса,
b_0 — расстояние между осями шкворней поворотных цапф,
L — продольная база машины.

В современных колесных тракторах с целью достижения большей устойчивости их движения, шкворни поворотных цапф направляющих колес устанавливаются с наклоном к вертикали, вследствие чего их оси уже не будут параллельными. Поэтому значение параметра b_0, т. е. расстояния между осями шкворней, в этом случае становится неопределенным, а применяемая до настоящего времени формула (1) непригодной, так как соответствует только одному частному случаю установки шкворней.

Требуемую зависимость между углами α и β можно легко получить, учитывая, что при наличии наклона шкворней направляющие колеса неподвижно стоящего трактора при повороте их рулевым механизмом будут перекатываться по окружностям, расположенным на опорной плоскости.

Расстояние между центрами этих окружностей зависит от установки шкворней поворотных цапф. Поэтому для получения общего вида требуемой

зависимости между углами поворота направляющих колес достаточно в равенстве (1) вместо расстояния между осями шкворней принять расстояние между центрами указанных окружностей. Тогда уравнение, выражающее в общем виде требуемую зависимость между углами α и β, напишется так:

$$\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha = \frac{b}{L} \qquad (2),$$

где: b — расстояние между центрами окружностей, по которым перекатываются направляющие колеса стоящего трактора при повороте их механизмом рулевого управления.

Центр окружности, по которой перекатывается направляющее колесо при повороте его рулевым механизмом у стоящего трактора, является проекцией на опорную плоскость основания перпендикуляра, опущенного на ось шкворня из точки соприкосновения колеса с опорной плоскостью.

В универсальных колесных тракторах рулевая трапеция состоит из одного четырехзвенного механизма, боковые рычаги которого вращаются вместе с направляющими колесами около шкворней поворотных цапф. Вследствие наличия наклона шкворней рулевая трапеция будет пространственным механизмом, а устанавливаемая ею зависимость между углами поворотов колес будет обусловливаться не только параметрами, определяющими форму и размеры трапеции, но и углами, характеризующими установку шкворней поворотных цапф.

Как известно*, зависимость между углами поворотов колес и параметрами рулевой трапеции при наличии наклона шкворней может быть представлена следующим равенством:

$$[l_1(a,r,\alpha,\beta,\gamma,\varphi_0,\theta)]^2 = a^2 + [r_c(r,\alpha,\beta,\gamma,\varphi_0,\theta)]^2 - 2a\,[r_c(r,\alpha,\beta,\gamma,\varphi_0,\theta)]\cdot \cos[\sigma(r,\alpha,\beta,\varphi_0,\theta)] \qquad (3),$$

где: a — расстояние между центрами вращения боковых рычагов рулевой трапеции,

r — длина боковых рычагов,

α — угол поворота внутреннего направляющего колеса,

β — угол поворота наружного направляющего колеса,

γ — угол наклона шкворня к вертикали,

θ — угол между вертикальной плоскостью, в которой расположен шкворень, и вертикальной плоскостью, проходящей через переднюю ось трактора,

φ_0 — угол, определяющий положение боковых рычагов, соответствующе прямолинейному движению машины, равный

$$\varphi_0 = 90 + \psi - \theta \qquad (4),$$

где: ψ — угол наклона боковых рычагов рулевой трапеции к передней оси при прямолинейном движении машины.

Функции l_1, r_c и σ имеют следующее значение.

Функция l_1 выражается:

$$l_1 = \sqrt{l^2 - r^2\,[\sin(\varphi_0 - \alpha) - \sin(\varphi_0 + \beta)]^2 \sin^2\gamma} \qquad (5).$$

В этом равенстве l есть длина поперечной тяги, равная

$$l = a \pm 2r_0 \cos[\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\varphi_0 \cos\gamma) + \theta - 90] \qquad (6),$$

* В. Г. Кузьминский, К теории рулевой трапеции тракторов и автомобилей, Научные труды УСХА, том VIII, 1956.

где:

$$r_0 = \sqrt{\frac{r^2 (1 + \mathrm{tg}^2 \varphi_0 \cos^2 \gamma)}{1 + \mathrm{tg}^2 \varphi_0}} \quad (7).$$

В уравнении (6) знак перед вторым членом правой части равенства обусловливается расположением рулевой трапеции относительно передней оси. Плюс соответствует расположению трапеции спереди передней оси, а минус — сзади оси.

Функция r_c выражается так:

$$r_c = \sqrt{r_\alpha + r_\beta - 2 r_\alpha r_\beta \cos \delta} \quad (8),$$

где:

$$r_\alpha = \sqrt{\frac{r^2 [1 + \mathrm{tg}^2 (\varphi_0 - \alpha) \cos^2 \gamma]}{1 + \mathrm{tg}^2 \varphi^0}} \quad (9),$$

$$r_\beta = \sqrt{\frac{r^2 [1 + \mathrm{tg}^2 (\varphi_0 + \beta) \cos^2 \gamma]}{1 + \mathrm{tg}^2 \varphi_0}} \quad (10),$$

$$\delta = 2(\pi - \theta) - \mathrm{arctg}\, [\mathrm{tg}\, (\varphi_0 - \alpha) \cos \gamma] - \mathrm{arctg}\, [\mathrm{tg}\, (\varphi_0 + \beta) \cos \gamma] \quad (11).$$

Функция σ имеет вид:

$$\sigma = 270 - \mathrm{arctg}\, [\mathrm{tg}\, (\varphi_0 + \beta) \cos \gamma] - \arcsin \frac{r_\alpha \sin \delta}{r_c} - \theta \quad (12).$$

Когда параметры, характеризующие рулевую трапецию a, r, φ_0, γ и θ известны, то уравнение (3) будет выражать в неявном виде зависимость между углами поворота колес, устанавливаемую данной трапецией, и напишется так:

$$[l_1 (\alpha, \beta)]^2 = a^2 + [r_c (\alpha, \beta)]^2 - 2a [r_c (\alpha, \beta)] \cos [\sigma (\alpha, \beta)] \quad (13).$$

Уравнение (3) можно использовать не только для определения зависимости между углами поворота колес, но и для решения обратной задачи, т. е. для определения параметров рулевой трапеции, соответствующих требуемым значениям углов α и β.

При проектировании рулевой трапеции параметры a, γ и θ должны быть известны, так как они определяются из условий, обусловливающих конструктивные формы других узлов машины. Кроме того, для каждого значения угла α, взятого в пределах возможного его изменения, по уравнению (2) можно определить соответствующее ему требуемое значение угла β. Следовательно, если определить по уравнению (2) для какого-либо значения угла α_p соответствующий ему угол β_p и задаться длиной рычага трапеции r, то уравнение (3) можно представить в таком виде:

$$[l_1 (\varphi_0)]^2 = a^2 + [r_c (\varphi_0)]^2 - 2a [r_c (\varphi_0)] \cos [\sigma (\varphi_0)] \quad (14).$$

Решив это уравнение относительно φ_0, получим значение последнего, неизвестного нам параметра. При этом необходимо указать на следующее.

Так как уравнения (2) и (3) не идентичны, то ясно, что при полученных размерах рулевой трапеции устанавливаемые ею углы поворота колес совпадут с требуемыми только при $\alpha = \alpha_p$, т. е., когда угол α будет равен принятому при составлении уравнения (14). При других значениях угла α (за исключением $\alpha = 0$) устанавливаемый рулевой трапецией угол α будет отличаться от требуемого, т. е. определенного по уравнению (2). При этом для углов α, меньших α_p, соответствующие им значения углов β будут больше требуемых, а при $\alpha > \alpha_p$ — меньше требуемых.

Если при определении φ_0 принять $\alpha_p = \alpha_{max}$, т. е. равным максимальному значению угла α, которое допускается ограничителем поворота колес,

то устанавливаемые рулевой трапецией углы β будут совпадать с требуемыми только при $\alpha = 0$ и $\alpha = \alpha_{max}$. Для всех остальных значений угла α соответствующие им значения углов β будут больше требуемых. Следовательно, характер отклонения устанавливаемой рулевой трапецией зависимости между углами α и β от требуемой обусловливается значением угла α_p, принятым при определении ее параметров.

Наглядное представление об отклонении фактической, т. е. устанавливаемой трапецией зависимости между углами α и β, от требуемой дает графическое изображение функций, выраженных равенствами (2) и (3). При этом следует указать, что для графической интерпретации удобнее представлять как функцию угла α не угол β, а разность между этими углами, т. е. $\alpha - \beta$.

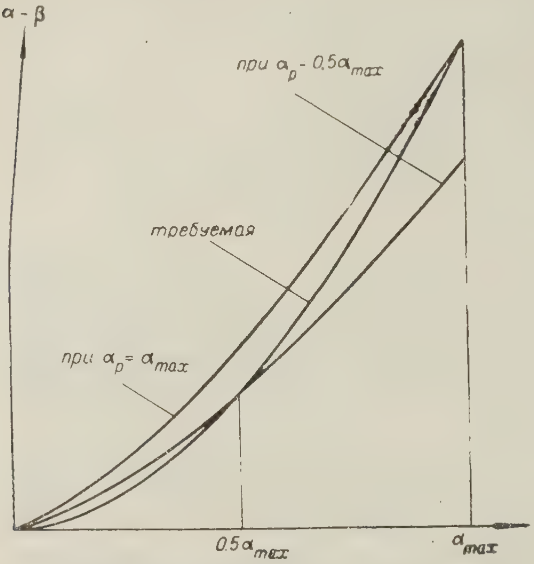


Рис. 1. Требуемая разность между углами поворота колес и устанавливаемая рулевой трапецией при $\alpha_p = 0{,}5\ \alpha_{max}$ и при $\alpha_p \approx \alpha_{max}$.

На рис. 1 представлены требуемая разность между углами α и β и устанавливаемые рулевой трапецией при $\alpha_p = 0{,}5\,\alpha_{max}$ и $\alpha_p = \alpha_{max}$.

Из приведенного графика видно, что при $\alpha_p = \alpha_{max}$ малые отклонения значений угла β от требуемых будут в начале и конце возможного диапазона изменения угла β.

Если α_p составляет какую-то часть α_{max}, то малые отклонения значений угла β от требуемых будут в начале поворота колес и при значениях угла α, близких к α_p. При этом отклонения на участке от $\alpha = 0$ до $\alpha = \alpha_p$ будут иметь меньшие значения, чем они имели бы на этом же участке, если бы α_p было равным α_{max}.

Поэтому при определении параметров рулевой трапеции необходимо учитывать, на какой именно части возможного диапазона изменения угла α желательно иметь наименьшие отклонения углов поворота колес, устанавливаемых рулевой трапецией от требуемых, и в соответствии с этим принимать необходимое для расчета значение угла α_p. Если же для выбора такого участка нет оснований и все части диапазона возможного изменения угла α используются в одинаковой степени, то при определении параметров рулевой трапеции нужно принять α_p таким, при котором среднее для всего диапазона отклонение угла β от требуемого будет минимальным.

Определенные таким образом параметры рулевой трапеции будут оптимальными для данной требуемой зависимости между углами поворота направляющих колес и, следовательно, для данного значения, определяющего эту зависимость отношения $\frac{b}{L}$.

При изменении ширины колеи направляющих колес, что обычно делается

в универсальных колесных тракторах с целью установления соответствия колеи данной ширине междурядий пропашных культур, отношение $\frac{b}{L}$, а следовательно, и требуемая зависимость между углами поворота колес будет изменяться.

В существующих конструкциях универсальных тракторов изменение ширины колеи вызывает изменение только одного из указанных выше параметров, характеризующих рулевую трапецию — это расстояния между центрами вращения боковых рычагов трапецией. Изменение этого

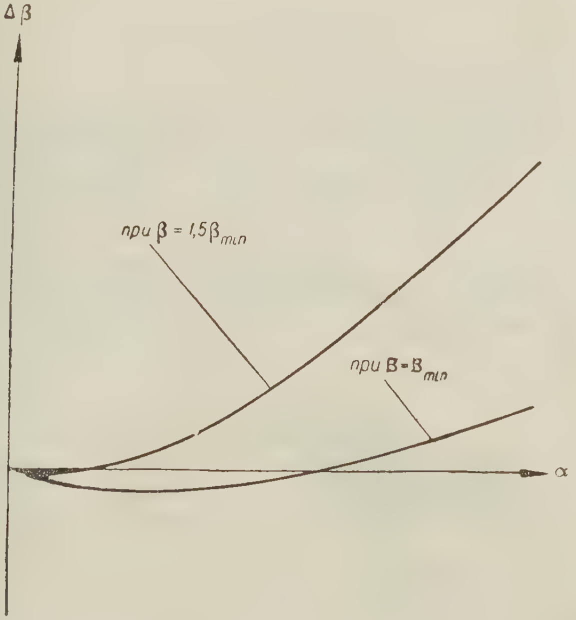


Рис. 2. Изменение отклонения угла β от требуемого значения при минимальной и максимальной ширине колеи.

параметра вызывает изменение устанавливаемой рулевой трапецией зависимости между углами поворота колес. При этом соотношение между требуемой и фактической зависимостями, по сравнению с имевшим место до изменения ширины колеи, сильно нарушается.

На рис. 2 приведено отклонение $\Delta\beta$, т. е. разница между требуемым и фактическим значениями углов β при минимальной ширине колеи, которой и соответствовали параметры трапеции, и при увеличенной колее в 1,5 раза.

Из приведенного рисунка видно, что увеличение ширины колеи при постоянных значениях всех параметров, характеризующих трапецию, за исключением a, вызывает значительное увеличение расхождения между требуемыми и устанавливаемыми рулевой трапецией углами поворота направляющих колес.

Из полученной зависимости между параметрами рулевой трапеции следует, что отрицательное влияние изменения ширины колеи можно устранить, если при изменении колеи изменять угол наклона боковых рычагов трапеции — φ_0, или длину боковых рычагов — r.

Обычно в универсальных тракторах диапазон возможного изменения ширины колеи направляющих колес разбит на интервалы, равные 100 *мм*, и фиксация той или иной ширины колеи возможна только на концах этих интервалов. Поэтому наименьшее возможное изменение ширины колеи, а следовательно, и параметров a и b будет равным величине этого интервала.

Определение требуемой для данной ширины колеи длины бокового рычага можно произвести, воспользовавшись уравнением (3). Подставив в это уравнение вместо a его значение для данной ширины колеи и оставляя постоянными значения параметров φ_0 и α_p, уравнение (3) можно представить в следующем виде:

$$[l_1(r)]^2 = a^2 + [r_c(r)]^2 - 2a[r_c(r)]\cos[\sigma(r)] \qquad (15),$$

где r — длина боковых рычагов, соответствующая данному расстоянию между центрами их вращения a.

Решение этого уравнения относительно r и даст требуемую для данной ширины колеи длину бокового рычага рулевой трапеции.

Если при изменении ширины колеи длину боковых рычагов рулевой трапеции оставить постоянной, что обычно необходимо для правильного конструктивного решения данной задачи, то требуемое для данной ширины колеи значение угла φ_0 можно определить, воспользовавшись уравнением (14).

Если же при изменении ширины колеи все параметры рулевой трапеции за исключением a и l оставить постоянными, то требуемое значение r и φ_0 следует определить для среднего значения ширины колеи.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. А. МИХАЛОВСКИЙ,
кандидат технических наук, доцент

А. А. ФЕЛЬДМАН,
кандидат технических наук, доцент

Н. И. ШПИЛЕВАЯ,
ассистент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ В ЗВЕНЬЯХ МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ ТРАКТОРА «БЕЛАРУСЬ»

Навесные сельскохозяйственные машины имеют значительные преимущества перед прицепными. Металлоемкость их на 40—50% меньше прицепных. При работе с навесными агрегатами затраты горючего снижаются, а производительность труда повышается по сравнению с аналогичными прицепными агрегатами; отпадает в большинстве случаев необходимость иметь прицепщиков.

Настоящая работа посвящена силовому анализу механизма подъема навесной системы НС-37, установленной на тракторе «Беларусь», при работе с трехкорпусным навесным плугом ПН-3-35, а также анализу напряжений в деталях навески этой системы.

В первой части данной работы определены усилия в звеньях навески при рабочем положении плуга (глубина пахоты 27 *см*), при ускоренном продольном перемещении машины в начале движения (плуг находится в транспортном положении) и при выглублении плуга с отрывом пласта при неподвижном тракторе.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЗВЕНЬЯХ МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ

Кинематическая схема механизма подъема вместе с плугом приведена на рис. 1. Здесь H — рабочий цилиндр, A — поршень рабочего цилиндра, AB — шток, BO_1 — внутренний рычаг, CO_1 — наружный рычаг, CD — вертикальные тяги (раскосы), OE — нижние (продольные) тяги, LK — верхняя центральная тяга, EK — вертикальная стойка плуга.

При пахоте применяется силовой способ регулирования.

Регулирующим параметром при этом является усилие, которое возникает под действием тягового сопротивления орудия и передается на пружину регулятора (на рис. не показана) через центральную тягу LK механизма навески (рис. 1).

Для определения усилий, действующих в звеньях навесного устройства, пользуемся графоаналитическим методом Жуковского, согласно которому силовой расчет механизма может быть сведен к исследованию равновесия жесткой фермы, представляющей собой план скоростей механизма.

Для примера укажем порядок расчета механизма подъема навесного плуга при глубине пахоты 27 *см*.

Строим повернутый план скоростей данного механизма (рис. 1), задаваясь произвольной скоростью точки A поршня. Тогда скорости остальных точек получаются на основании графического построения (как это принято

при построении плана скоростей). Рассматриваем равновесие полученного плана-фермы под действием приложенных сил.

Данную план-ферму считаем рычагом, который как бы закреплен в точке p (полюс плана скоростей). На этот рычаг действуют сила $\bar{R}$ (равнодействующая силы веса плуга и сил сопротивления почвы) и сила давления $\bar{P}$ в цилиндре.

По данным Чудакова Д. А. [1], результирующая сила $\bar{R}$, действующая на навесной плуг, на наиболее распространенных почвах, проходит под углом $\theta = 3° — 15°$ к горизонту.

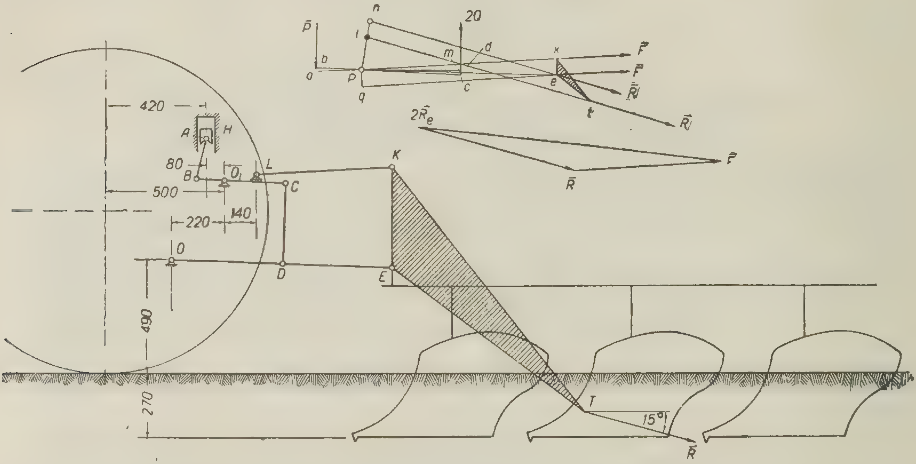


Рис. 1. Схема механизма подъема навесного плуга ПН-3-35 (к силовому анализу механизма подъема).

В исследованиях Плишкина А. А. [2] указывается, что для плугов с корпусами и предплужниками культурного типа угол наклона равнодействующей $\bar{R}$ необходимо принимать равным порядка 15°.

Нами принято, что результирующая $\bar{R}$ наклонена под углом 15° к горизонту. Сила R лежит в плоскости чертежа.

По данным Синеокова Г. Н. [3], точка приложения силы R находится на высоте 0,4—0,5 глубины пахоты.

В трудах Горячкина В. П. [4] отмечается, что реакции пластов на корпусах можно считать приложенными в срединах лемехов.

Из работ Синеокова Г. Н. [3], Щучкина Н. В. [5] следует, что реакции пластов на корпусах приложены на расстояниях $^1/_3$ длины лемеха от его носка.

Исходя из этого, нами приняты средние данные, согласно которым точка приложения силы $\bar{R}$ находится на высоте 0,4 глубины пахоты и на расстоянии 0,4 длины лемеха от его носка.

Максимальная величина тягового усилия трактора «Беларусь» на первой передаче 1400 *кг* [6].

При определении усилий в звеньях механизма навески исходим из того, что у колесных тракторов имеет место центральная навеска плугов, поэтому усилия, возникающие в механизме подъема, можно считать поровну распределенными между правыми и левыми звеньями.

Определяем давление в цилиндре.

Для этого составляем уравнение моментов сил вокруг точки p (рис. 1).

$$P \cdot ap - R \cdot pl = 0.$$

Отсюда

$$P = R \cdot \frac{pl}{ap} = 1450 \cdot \frac{1,5}{5} = 436 \text{ кг}.$$

Усилие в стержне CD определяется из уравнения

$$2Q \cdot pm - R \cdot pl = 0.$$

Следовательно,

$$2Q = R \cdot \frac{pl}{pm} = 1450 \cdot \frac{1,5}{8,7} = 252 \text{ кг}$$

и $Q = 126$ *кг*.

При определении усилия в звене LK исходим из того, что если вместо навесной машины приложить к оси E подвеса действующие на машину силы — внешнюю $\bar{R}$ и реакцию F верхнего звена навесного устройства, то нагрузка гидравлического механизма не изменится. План-ферма в этом случае имеет вид, показанный на рис. 1 (часть *bapcde*).

Из условия равновесия плана-фермы относительно полюса находим

$$F = \frac{R \cdot pn - P \cdot ap}{pq} = \frac{1450 \cdot 3,2 - 436 \cdot 5}{2} = 1225 \text{ кг}.$$

Усилие в узле E определим на основании построения соответствующего силового треугольника (рис. 1).

Величина усилия в узле E равна 1330 *кг*.

Далее мы определяем усилия в звеньях навески с учетом ускоренного продольного перемещения машины в начале движения (ускорение принято $0,1g = 0,98$ $м/сек^2$) при транспортном положении плуга. В этом случае необходимо учесть еще и силу инерции, которая определяется по формуле

$$F_{ин} = \frac{P_1}{g} \quad w = \frac{400}{9,8} \cdot 0,98 = 40 \text{ кг}, \qquad [6]$$

где:

P_1 — вес плуга, равный 400 *кг*,

g — ускорение земного притяжения,

w — ускорение машины.

Усилия в звеньях навески в указанном случае определяются аналогично разобранному примеру.

Нами также определялись усилия в звеньях механизма навески при выглублении плуга с отрывом пласта при неподвижном тракторе.

По данным Чудакова Д. А., при выглублении навесной машины из борозды, действующие на нее вертикальные силы возрастают. Максимальные их значения доходят до величины, которая равна двойному весу плуга.

Поэтому нами принята величина вертикальной силы, равная 800 *кг*, и исходя из этого, определены соответствующие усилия в звеньях механизма навески.

Данные расчетов сведены в таблице 1.

При особо тяжелых почвенных условиях угол наклона силы $\bar{R}$ уменьшается и направление линии действия ее приближается к горизонтальному.

Для приведенной конструкции навески равнодействующая сил сопротивления почвы и веса, как показали наши исследования, в этом случае будет проходить ниже мгновенного центра вращения плуга. Плуг при этом будет стремиться выглубляться и работа его будет неустойчивой.

Таблица 1

Род работы	Пахота глубиной 27 *см*	Транспортное положение с учетом продольн. сил инерции	Выглубление при неподвижном плуге с глубины 27 *см*
Усилие Q в стержне CD в *кг*	126	1000	960
Род усилия	растяжение	растяжение	растяжение
Усилие F в стержне LK в *кг*	1225	1310	1525
Род усилия	сжатие	растяжение	растяжение
Усилие на узел E в *кг*	1330	835	865
Угол между направлением усилия и линией стержня OE	3°20′	36°	33°
Составляющая, перпендикулярная к стержню OE в узле E в *кг*	50	490	470
Составляющая вдоль стержня OE в узле E в *кг*	1320	676	725

Это подтверждается исследованиями Чудакова Д. А. и Плишкина А.А., которые установили, что для обеспечения устойчивости хода плуга по глу-

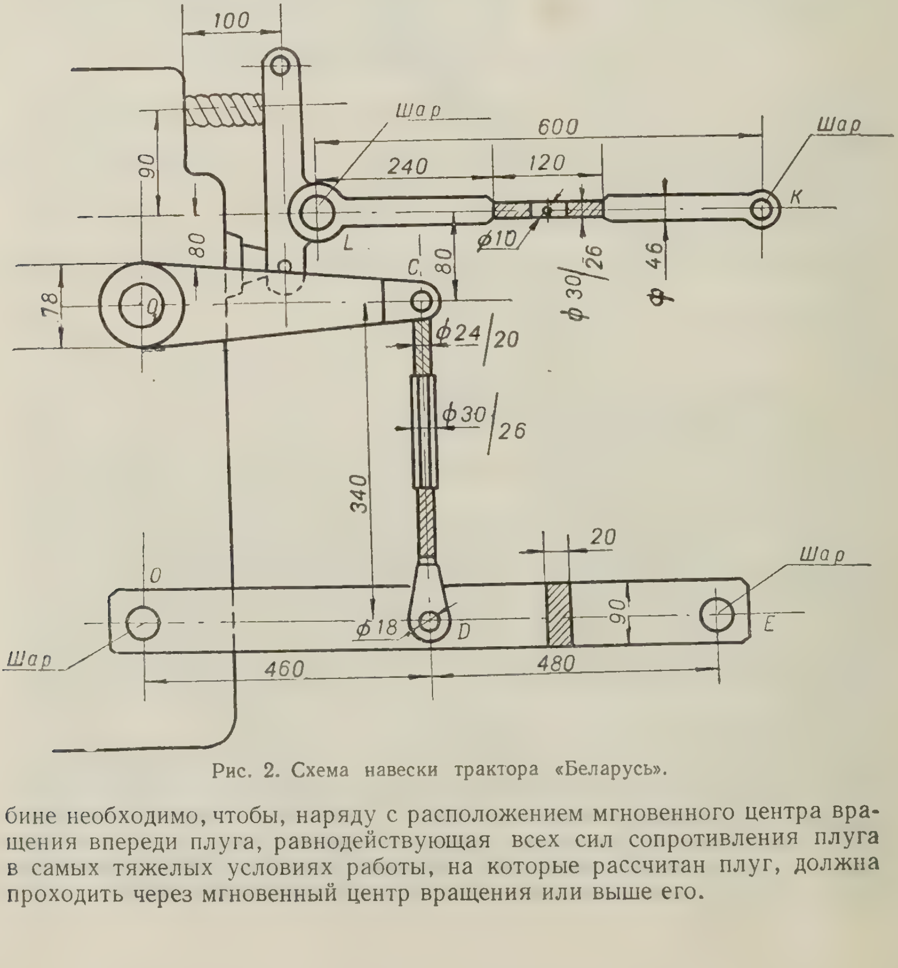


Рис. 2. Схема навески трактора «Беларусь».

бине необходимо, чтобы, наряду с расположением мгновенного центра вращения впереди плуга, равнодействующая всех сил сопротивления плуга в самых тяжелых условиях работы, на которые рассчитан плуг, должна проходить через мгновенный центр вращения или выше его.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ

Величины найденных усилий, испытываемых отдельными звеньями механизма навески, приняты как исходные данные при расчете на прочность ее деталей.

Результаты подсчета напряжений в наружных деталях навески в предположении статического приложения нагрузок оказались следующими.

Стержень *CD* (раскос) (рис. 2). Из рассмотренных трех режимов наиболее тяжелым для стержня *CD* является транспортный режим. Стержень *CD* является составным из трех деталей.

Слабое сечение — поперечное сечение винта, ослабленное нарезкой. Деформация — растяжение и кручение. Максимальное напряжение с учетом концентрации напряжений в нарезке (принято $k = 2{,}5$) равно $\sigma = 1050$ *кг/см*^{2}.

На пахоте напряжение равно $\sigma = 130$ *кг/см*^{2}.

При выглублении плуга из почвы напряжение $\sigma = 1010$ *кг/см*^{2}.

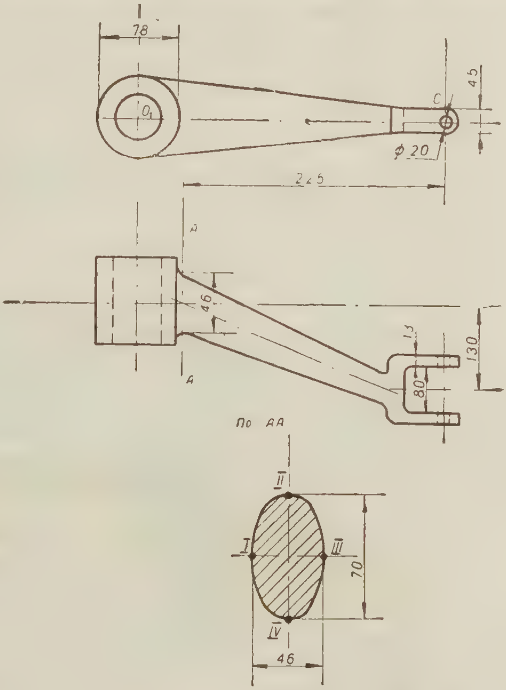


Рис. 3. Деталь O_1C, наружный рычаг гидроподъемника.

Деталь O_1C (наружный рычаг гидроподъемника). Деталь O_1C, представляющая собой ломаный рычаг, испытывает одновременно изгиб, кручение и срез. Опасным сечением является эллиптическое сечение $A - A$ у перехода рычага во втулку (рис. 3). Материал — стальное литье.

Наибольшие напряжения возникают при транспортном положении плуга. Приведенное максимальное напряжение (по 3-й теории прочности) оказалось равным $\sigma_{пр} \cong 1150$ *кг/см*^{2}.

При пахоте это напряжение равно $\sigma_{пр} \cong 145$ *кг/см*^{2}.

При выглублении неподвижного плуга $\sigma_{пр} \cong 1100$ *кг/см*^{2}.

Деталь *OE* (нижняя тяга) (рис. 2). Деталь *OE* представляет собой рычаг, подверженный изгибу, растяжению и срезу. Опасное сечение — посредине рычага, в месте присоединения стержня *CD*, где имеется отверстие и где изгибающий момент достигает наибольшего значения. Наибольшие напряжения возникают от изгиба.

Наибольшее приведенное напряжение в опасном сечении при транспортном положении плуга равно $\sigma_{пр} = 930$ *кг/см*^{2}.

При пахоте указанное приведенное напряжение равно $\sigma_{пр} \cong 185$ *кг/см*^{2}.

При выглублении $\sigma_{пр} = 870$ *кг/см*^{2}.

Во всех промежуточных сечениях между средним опасным сечением и крайними сечениями в точках O и E приведенные напряжения меньше, чем в опасном сечении. Начиная с 900 *кг/см²*, рядом с отверстием они падают до 85 *кг/см²* в сплошных сечениях у отверстий O и E.

Стержень LK (верхняя тяга) (рис. 2). Стержень LK является составным из трех деталей переменного сечения. Расчет напряжений выполнялся приближенно.

Наиболее тяжелый режим для рассматриваемого стержня — режим пахоты. При работе на пахоте стержень LK подвергается продольному изгибу силами, сжимающими его.

Усилие сжатия при пахоте на глубину 27 *см* равно 1225 *кг*.

Напряжение сжатия $\sigma_{сж} \cong 270$ *кг/см²* (по наименьшему поперечному сечению посредине винта).

Из расчета на продольный изгиб составного стержня, считая его цельным стержнем наименьшего поперечного сечения, можно допустить напряжение сжатия около 850 *кг/см²*. Таким образом, напряжение $\sigma_{сж} = 270$ *кг/см²* надо считать допустимым.

При выглублении неподвижного плуга стержень LK испытывает растяжение, усилием 1525 *кг*.

Соответствующее напряжение в слабом сечении посредине винта $\sigma = 340$ *кг/см²*.

При транспортном положении плуга усилие растяжения равно 1310 *кг*. Напряжение при этом равно $\sigma = 290$ *кг/см²*.

В нарезанном сечении винта, где поперечное сечение больше, чем в слабом сечении посредине винта, но где следует учитывать концентрацию напряжений, указанные напряжения растяжения могут быть примерно в два раза больше, т. е. 680 *кг/см²* и 580 *кг/см²* соответственно, что можно считать допустимым.

При рассмотрении результатов приведенного расчета усилий и напряжений следует учесть, что из трех рассмотренных режимов работы длительными могут быть режимы пахоты и транспортный.

Кроме того, известно, что при работе плуга на пахоте тяговое сопротивление меняется. На тяговых диаграммах работы плуга даже при вспашке ровных полей имеются периодические повторяющиеся колебания большой амплитуды и сравнительно большого периода. На них накладываются микроколебания высокой частоты, но небольшой амплитуды.

Отклонения тягового сопротивления от своего среднего значения могут достигать значительных величин.

Полученные в расчете напряжения подсчитаны при условии постоянной по величине статической нагрузки.

В действительности работа навесного устройства на пахоте происходит в условиях переменной нагрузки.

Поэтому приведенные в расчет величины усилий и напряжений при пахоте нельзя считать максимальными, пиковые усилия и напряжения могут превышать расчетные. Кроме расчета на прочность, следует в условиях переменной нагрузки учитывать усталость материала.

При транспортном режиме также следует учесть при неровной почве наличие периодически повторяющихся толчков. Эти обстоятельства, учитывая большие напряжения, полученные в расчете для транспортного положения при статической нагрузке, заставляют считать транспортный режим тяжелым режимом.

При транспортном положении сравнительно большие напряжения возникают в наружных рычагах гидроподъемника (деталь O_1C) (1150 *кг/см²*).

Учитывая, что эта деталь литая, с недостаточно высокими механическими свойствами, следует считать это напряжение в условиях переменной нагрузки высоким и считать, что эта деталь является слабым звеном конструкции.

В то же время излишний запас прочности имеется в большинстве сечений массивных нижних тяг (деталь OE). Экономия металла и снижение веса конструкции без ущерба для ее прочности могут быть достигнуты путем переконструирования нижних тяг с тем, чтобы придать им форму, равнопрочную в любом сечении (форму тела равного сопротивления), не ослабляя тяг в опасном, наиболее напряженном сечении D.

Приведенный в настоящей статье материал является частью работы, которую надлежит провести для выяснения условий работы, усилий и прочности звеньев механизма навески.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чудаков Д. А., Основы теории сельскохозяйственных навесных агрегатов, 1954.

2. Плишкин А. А., Экспериментальное исследование сил, действующих в навесном плуге (автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук), 1952.

3. Синеоков Г. Н., Экспериментальное определение сопротивления рабочих органов плугов и культиваторов, Сб. научно-исследовательских работ «Почвообрабатывающие машины», вып. 4, 1949.

4. Горячкин В. П., академик, Собрание сочинений, том IV, 1940.

5. Щучкин Н. В. и Хорошилов А. Д., Основания для проектирования балансирных плугов, Сб. научно-исследовательских работ «Почвообрабатывающие орудия», вып. 2, 1937.

6. Еленев А. В., Краткий справочник по сельхозмашинам, 1954.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Н. П. ВЕДМЕДЬ,
кандидат технических наук

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МАСЛЯНОГО НАСОСА

Основной задачей выполненного экспериментального исследования работы масляного насоса двигателя Д-54 являлось определение его производительности в зависимости от следующих факторов: числа оборотов, развиваемого насосом давления и вязкости масла.

Исследование работы масляного насоса производилось на специальной установке, на которой были смонтированы отдельные элементы системы смазки двигателя Д-54.

Все элементы смазочной системы, смонтированные на стенде, были проверены и отрегулированы в соответствии с данными заводской инструкции.

Масляный насос приводился в движение электродвигателем постоянного тока, число оборотов которого можно было изменять в требуемых пределах.

Масло подогревалось в картере электроплитками, а температура его замерялась ртутным термометром.

В выходном отверстии корпуса фильтра, из которого масло поступает в магистраль, был установлен специальный кран, с помощью которого создавалось разное сопротивление прохождению масла в магистраль. Следовательно, создаваемое этим краном сопротивление заменяло сопротивление не имеющихся на установке остальных частей системы смазки, т. е. всех маслопроводов и зазоров между деталями, через которые проходит масло, поступающее в магистраль.

Давление, развиваемое масляным насосом, а также давление масла, входящего в масляную магистраль, замерялось пружинным индикатором.

Замер давления масла при входе в радиатор и выходе из него производился самопишущим манометром.

Расход масла замерялся через масляную магистраль, фильтр тонкой очистки и сливной клапан.

Суммирование расхода масла через вышеуказанные элементы системы и позволяло судить о производительности насоса.

Зависимость производительности масляного насоса от числа оборотов определялась при постоянной вязкости масла для семи различных значений давления, развиваемого масляным насосом.

Для установления характера изменения зависимости производительности насоса от числа оборотов при изменении вязкости масла была произведена серия опытов при пяти различных значениях вязкости.

Результаты экспериментального определения производительности масляного насоса от числа оборотов при вязкости $\nu = 0{,}425$ стокса представлены на рис. 1.

Диапазон изменения числа оборотов насоса, развиваемого им давления и вязкости масла охватывает пределы изменения таковых при работе двигателя в условиях эксплуатации.

Полученные данные указывают на наличие следующей прямолинейной зависимости производительности масляного насоса от числа оборотов:

$$G_{н} = f(n) = a_0 n + b_0 \quad (1),$$

где: $G_{н}$ — производительность масляного насоса (в *кг/мин*),
n — число оборотов масляного насоса,
a_0 и b_0 — коэффициенты, значения которых обусловливаются величиной развиваемого насосом давления и вязкостью масла.

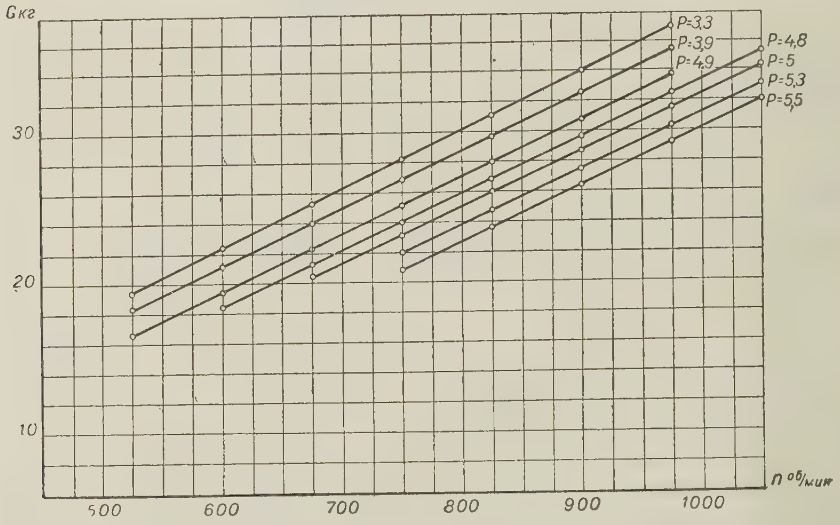


Рис. 1. Зависимость производительности масляного насоса от оборотов при постоянном давлении насоса и постоянной вязкости масла γ 0,425 ст.

На рис. 2 графически представлены изменения коэффициентов a_0 и b_0 в зависимости от развиваемого насосом давления.

Данные рис. 2 указывают на наличие следующей зависимости коэффициентов a_0 и b_0 от давления.

Коэффициент a_0, как функция давления насоса, может быть представлен в следующем виде:

$$a_0 = f(P) = c - dP \quad (2).$$

Зависимость для коэффициента b_0 является более сложной: при изменении давления масляного насоса от 0 до 5 *атм*, т. е. до момента открытия редукционного клапана насоса, зависимость коэффициента b_0 от давления может быть представлена равенством

$$b_0 = f(P) = c_1 - d_1 P \quad (3).$$

При увеличении давления свыше 5 *атм*, т. е. при открытии редукционного клапана коэффициент b_0 изменяется с изменением давления по следующему закону:

$$b_0 = f(P) = c_2 - d_2 P \qquad (4).$$

Подставив в формулу (1) указанные значения коэффициентов a_0 и b_0, получим следующие эмпирические формулы для определения производительности насоса при постоянной вязкости масла:

а) при развиваемом масляным насосом давлении, меньшем 5 *атм*, т. е. при закрытом редукционном клапане:

$$G_н = f(n, P) = (c - dP)\,n + c_1 - d_1 P \qquad (5);$$

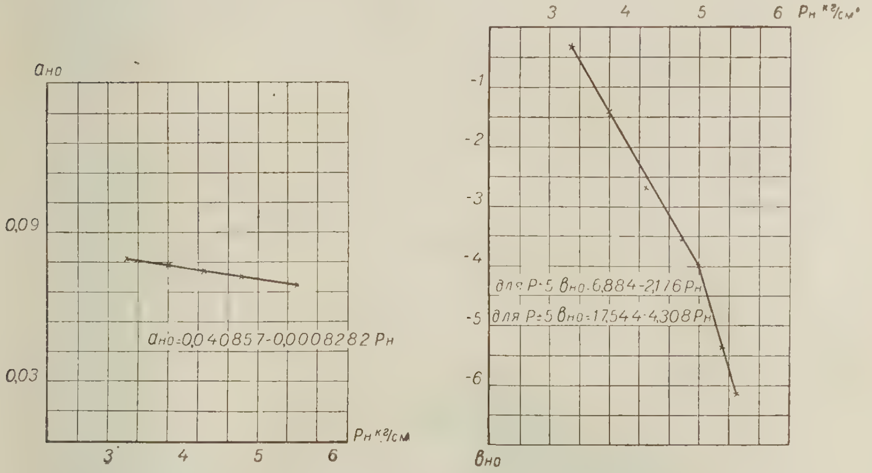


Рис. 2. Изменение коэффициента $a_{но}$ от давления, развиваемого масляным насосом. Изменение коэффициента $b_{но}$ от давления, развиваемого масляным насосом.

б) при давлении насоса, большем 5 *атм*, т. е. при открытом редукционном клапане:

$$G_н = f(n, P) = (c - dP)\,n + c_2 - d_2 P \qquad (6).$$

При вязкости масла $\nu = 0{,}425$ стокса входящие в формулы (5) и (6) коэффициенты имеют следующие значения:

$c = 0{,}40857;$ $c_1 = 6{,}884;$ $c_2 = 17{,}544,$

$d = 0{,}0008282;$ $d_1 = 2{,}176;$ $d_2 = 4{,}308.$

При других значениях вязкости масла зависимость производительности насоса от числа оборотов определяется согласно уравнению (1), причем коэффициент a_0 при изменении вязкости не изменяется, следовательно, он является функцией только развиваемого насосом давления.

Для установления зависимости производительности масляного насоса от вязкости масла и величины развиваемого насосом давления проводились опыты при постоянном числе оборотов $n = 750$ об/мин для семи различных значений развиваемого масляным насосом давления. Полученные результаты представлены на рис. 3.

Результаты опытов показывают, что зависимость производительности масляного насоса от вязкости масла может быть представлена следующей эмпирической формулой:

$$G_н = f(\nu) = a_b \nu^2 + b_b \nu + c_b \qquad (7),$$

где: $G_н$ — производительность масляного насоса (в *кг/мин*),
ν — кинетическая вязкость масла (в стоксах),
a_b; b_b и c_b — коэффициенты, обусловливающиеся величиной развиваемого насосом давления.

Значение указанных коэффициентов представлены на рисунке 4.

Приведенные на рис. 4 данные показывают, что зависимость коэффициента a_b от давления при n = const. может быть выражена следующим равенством:

$$a_b = f(P) = kP - m \quad (8).$$

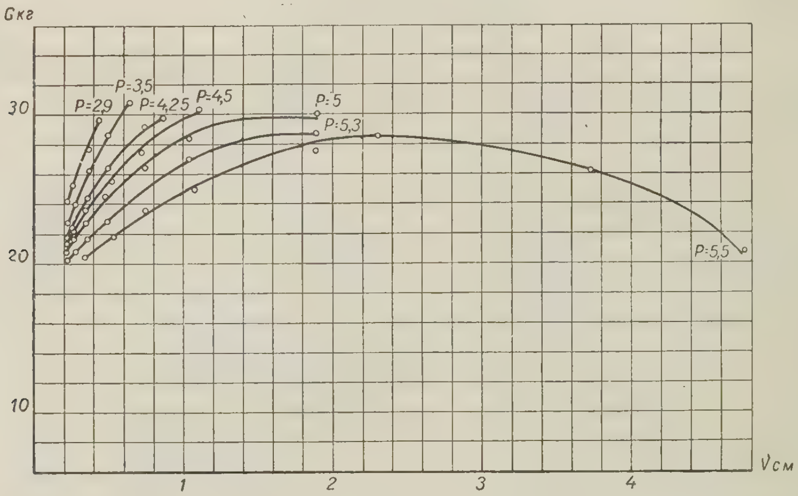


Рис. 3. Зависимость производительности масляного насоса от вязкости масла при постоянных оборотах насоса n=750 об/мин и постоянном давлении.

Зависимость коэффициента b_b от давления, развиваемого насосом, может быть выражена следующими двумя формулами: а) при развиваемом насосом давлении, меньшем 5 *атм*, т. е. до открытия редукционного клапана:

$$b_b = f(P) = k_1 - m_1 P \quad (9);$$

б) при развиваемом насосом давлении, большем 5 *атм*, т. е. при открытом редукционном клапане:

$$b_b = f(P) = k_2 - m_2 P^2 \quad (10).$$

Коэффициент c_b, как функция давления, выражается следующим равенством:

$$c_b = f(P) = k_3 P - m_3 \quad (11).$$

В результате математической обработки данных получены следующие значения, входящие в формулы (8), (9), (10) и (11) коэффициентов:

k = 6,812; k_1 = 68,157; k_2 = 52,36; k_3 = 0,3942;
m = 39,168; m_1 = 10,339; m_2 = 1,448; m_3 = 15,616.

Подставив выраженные равенствами (8), (9), (10) и (11) значения коэффициентов k и m в формулу (7), получим следующую зависимость произво-

дительности насоса от вязкости масла и развиваемого насосом давления:
а) при развиваемом насосом давлении, меньшем 5 *атм*:

$$G_н = f(\nu, P) = (kP - m)\nu^2 + (k_1 - m_1P)\nu + k_3P + m_3 \quad (12);$$

б) при развиваемом насосом давлении, большем 5 *атм*:

$$G_н = f(\nu, P) = (kP - m)\nu^2 + (k_2 - m_2P^2)\nu + k_3P - m_3 \quad (13).$$

Приведенные выше экспериментальные зависимости производительности масляного насоса от различных факторов дают возможность определить таковую лишь в отдельных частных случаях. Так, по формуле (1) можно определить производительность насоса как функцию n и P при одном лишь значении вязкости масла, а по формуле (12) и (13) можно опре-

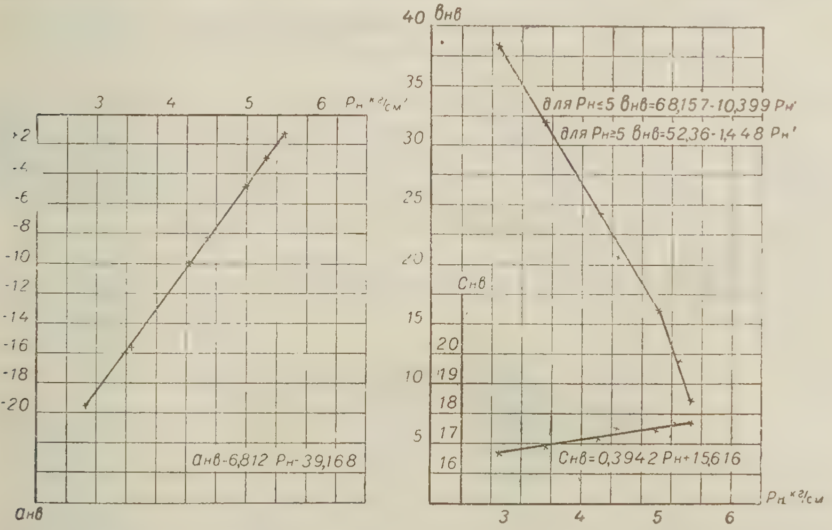


Рис. 4. Изменение коэффициента $a_{нв}$ от давления, развиваемого масляным насосом. Изменение коэффициентов $b_{нв}$ и $c_{нв}$ от давления, развиваемого масляным насосом.

делить производительность как функцию ν и P при одном лишь значении числа оборотов.

Целью экспериментального исследования было определение общей зависимости производительности насоса от всех влияющих на неё факторов, пользуясь которой и зная P, n и ν, можно было бы определить, сколько масла подает насос в смазочную систему.

Общую зависимость производительности масляного насоса от указанных выше факторов можно определить, воспользовавшись формулами (1), (12) и (13), представляющими частные случаи зависимости производительности от влияющих на нее факторов.

Учитывая то, что коэффициент a_0 уравнения (1), как это было установлено выше, проявляет функцию только развиваемого насосом давления, зависимость производительности насоса от всех влияющих на нее независимых переменных можно представить следующим равенством:

$$G_н = a_0 n + b_0 \quad \text{или} \quad G_н = f(P)\,n + \varphi(\nu, P) \quad (14),$$

где $f(P) = a_0 = c - dP$.

Значение функции $\varphi(\nu, P)$ можно представить следующим образом. При $n = n_0 = 750$ об/мин $G_н = G_{n0}$, следовательно искомая функция будет равна:

$$\varphi(\nu, P) = G_{n0} - f(P)\, n_0.$$

Подставив указанные значения функции $\varphi(\nu, P)$ и $f(P)$ в уравнение (14), получим

$$G_н = (c - dP)(n - n_0) + G_{n0}.$$

Заменив в полученном равенстве G_{n0} его значениями, выраженными уравнениями (12) и (13), получим следующие эмпирические формулы для определения производительности насоса:

а) при $P \leqslant 5$ *атм*

$$G_н = (c - dP)(n - n_0) + (kP - m)\nu^2 + (k_1 - m_1 P)\nu + k_3 P + m_3 \quad (15);$$

б) при $P \geqslant 5$ *атм*

$$G_н = (c - dP)(n - n_0) + (kP - m)\nu^2 + (k_2 - m_2 P^2)\nu + k_3 P + m_3 \quad (16).$$

Подставив в эти равенства приведенные выше значения коэффициентов, которые обусловливаются только конструктивными особенностями насоса, и соответствующее G_{n0} число оборотов n_0, формулы для определения производительности масляного насоса можно переписать так:

а) при $P \leqslant 5$ *атм*

$$G_н = (0{,}040857 - 0{,}0008282\,P)\,n + (6{,}812\,P - 39{,}168)\,\nu^2 + (68{,}157 - 10{,}339\,P)\,\nu + 1{,}0152\,P - 15{,}027 \text{ кг/мин} \quad (15а);$$

б) при $P \geqslant 5$ *атм*

$$G_н = (0{,}040857 - 0{,}0008282P)n + (6{,}812P - 39{,}168)\,\nu^2 + (52{,}36 - 1{,}448P^2)\,\nu + 1{,}0152P - 15{,}027 \text{ кг/мин} \quad (16а).$$

Полученные формулы дают возможность определить производительность масляного насоса двигателя Д-54, зная развиваемое насосом давление, вязкость поступающего в него масла и число оборотов.

Следует, однако, заметить, что полученные формулы, как всякие другие эмпирические формулы, не пригодны для экстраполяции, т. е. определения искомой функции для значений независимых, переменных, находящихся за пределами их изменения при экспериментальном исследовании. Поэтому производительность насоса, определенная по приведенным выше формулам, будет соответствовать действительной лишь в том случае, если значения определяющих ее переменных, т. е. числа оборотов, вязкости масла и давления, взяты не произвольно, а определены путем замера при работе насоса. Сравнение действительной производительности насоса с определенной по приведенным эмпирическим формулам показывает пригодность полученных формул для практических расчетов, так как получающаяся при этом разница при самом большом расхождении не превышает двух процентов.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Г. К. ШКУРСКИЙ

ОПТИМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ НАТЯГА ДЛЯ СОЧЛЕНЕНИЙ С БРОНЗОВЫМИ ПОДШИПНИКОВЫМИ ВТУЛКАМИ

В механизмах тракторов и сельскохозяйственных машин имеется много сопряжений с бронзовыми подшипниковыми втулками. При сборке сопряженных узлов втулки должны запрессовываться с определенным натягом, гарантирующим прочность соединения втулки с гнездом.

Рассматривая величины натягов, с которыми рекомендуется производить сборку сочленений бронзовая втулка — гнездо, не трудно увидеть, что в выборе натяга нет определенной закономерности. Это можно подтвердить некоторыми данными по втулкам верхней головки шатуна, приведенным в таблице.

Марка двигателя	Удельное давление на втулку (в *кг/см*²)	Номин. нар. диаметр втулки (в *мм*)	Номинальная длина втулки (в *мм*)	Толщина втулки (в *мм*)	Средний натяг (в μ)
Двигатель трактора «Универсал»	141	40	45	3,5	245
М-17	306	70	58	4,5	112
КДМ-46	326	68	55	4,0	90
1-МА	159	55	48	3,5	87
Д-54	346	55	47	3,5	105
Д-35	364	44	38	3,0	86

Приведенные в таблице данные показывают, например, что средний натяг в сочленении верхней головки шатуна двигателя трактора «Универсал» почти в три раза больше, чем в двигателе I-МА.

Объяснения этому в литературе нет. Оба двигателя являются карбюраторными с примерно одинаковым числом оборотов. Толщина втулки и чистота обработки сопрягаемых поверхностей одинакова, удельное давление на втулку у двигателя трактора «Универсал» меньше, чем у двигателя I-МА. Казалось бы, что натяг у двигателя трактора «Универсал» должен быть меньше, чем у двигателя I-МА.

Такое положение наблюдается и у двигателей М-17, КДМ-46 и у Д-54, Д-35. Правда, в этих двигателях не столь велико расхождение в натягах, как в двигателях трактора «Универсал» и I-МА.

Анализируя, с какими натягами запрессовываются подшипниковые втулки в других сочленениях, также можно придти к выводу, что вопрос о выборе натягов изучен недостаточно.

На кафедре ремонта тракторов и сельскохозяйственных машин Украинской ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии были проведены исследования с целью определения рациональных величин натягов для сочленений с бронзовыми подшипниковыми втулками.

Прочность соединения втулки с гнездом определяется характером и величиной деформаций, возникающих после запрессовки втулки.

В связи с этим правильный выбор натяга может производиться при наличии представления о протекании деформаций деталей сопряжения.

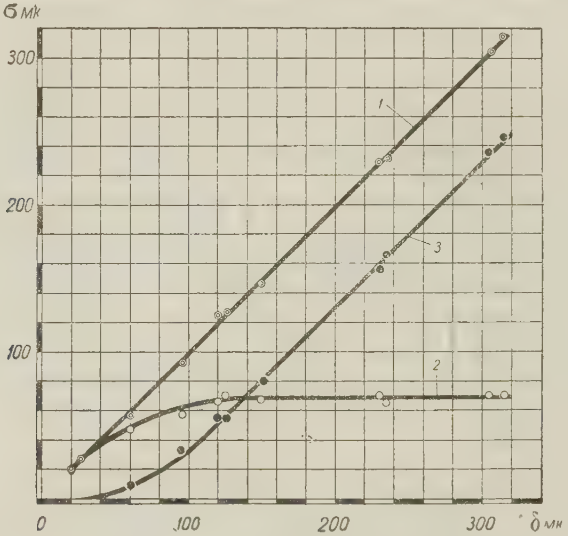


Рис. 1. Характер изменения величины деформаций в зависимости от величины натяга.

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие изменение величины деформаций в зависимости от величины натяга, полученные в результате проведенных исследований.

Изменение общей деформации представлено кривой *1*, кривая *2* показывает изменение величины упругой деформации, изменение величины остаточной деформации представлено кривой *3*. Величина деформаций определялась измерением внутреннего диаметра втулки.

Величина общей деформации втулки определялась по разности диаметров втулки до и после запрессовки. Упругая деформация определена по разности диаметров выпрессованной и запрессованной втулки. Остаточная деформация — до запрессовки и после выпрессовки.

Из приведенных кривых видно, что общая деформация втулки прямо пропорциональна величине натяга. Величина упругой деформации возрастает с увеличением натяга примерно до 120 μ. При дальнейшем увеличении натяга величина упругой деформации остается примерно постоянной. Величина остаточной деформации втулки при увеличении натяга свыше 120 μ резко возрастает.

При исследовании устанавливалась также зависимость величины усилия запрессовки втулки ($P_п$), усилия выпрессовки ($P_в$) и момента проворачивания втулки ($M_{пр}$) от величины натяга. Кривые, характеризующие эти зависимости, представлены на рис. 2.

Характер изменения величины усилий запрессовки и выпрессовки, а также момента проворачивания подобный характеру изменения величины упругой деформации.

Прочность соединения втулки с гнездом характеризуется величиной усилия выпрессовки и момента проворачивания.

Приведенные выше данные позволяют сделать такой вывод: прочность соединения втулки с гнездом при всех прочих равных условиях возрастает с увеличением натяга лишь до определенных значений натяга. Дальнейшее увеличение натяга не влечет за собой увеличения прочности соединения, а приводит только к росту общей и остаточной деформации.

При исследовании установлено также, что прочность соединения втулки с гнездом зависит от длины, диаметра и толщины втулки, а также от толщины стенки гнезда. Однако величина оптимального значения натяга при изменении указанных выше параметров втулки остается постоянной и равной 120—150 μ.

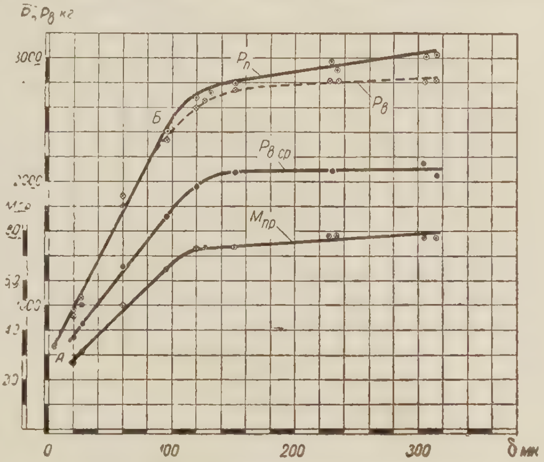


Рис. 2. Зависимость величин усилия запрессовки ($P_п$), выпрессовки ($P_в$) и момента проворачивания ($M_{пр}$) от величины натяга.

Под оптимальным натягом следует понимать такой натяг, при котором будет наибольшая прочность соединения втулки с гнездом при наименьшей ее деформации.

При исследовании размеры втулок были приняты с таким расчетом, чтобы охватить все подшипниковые узлы тракторов.

На основании проведенных исследований можно сделать такое заключение: запрессовывать бронзовые втулки при сборке подшипниковых узлов тракторов с натягом выше 120—150 μ нецелесообразно, т. к. прочность соединения не увеличивается, а происходит только увеличение общей и остаточной деформации.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. А. ФЕЛЬДМАН,
кандидат технических наук, доцент

И. П. СИРОШ,
ассистент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ И НАПРЯЖЕНИЙ В ПОДВЕСКЕ К НАВЕСНОМУ ПЛУГУ ПНУ-5 ЗАВОДА ИМ. ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ

Навесные сельскохозяйственные орудия, обладая определенными преимуществами по сравнению с прицепными, получают в последнее время все большее распространение. Между тем, расчет усилий в подвесных приспособлениях, а также расчет их прочности пока не разработаны.

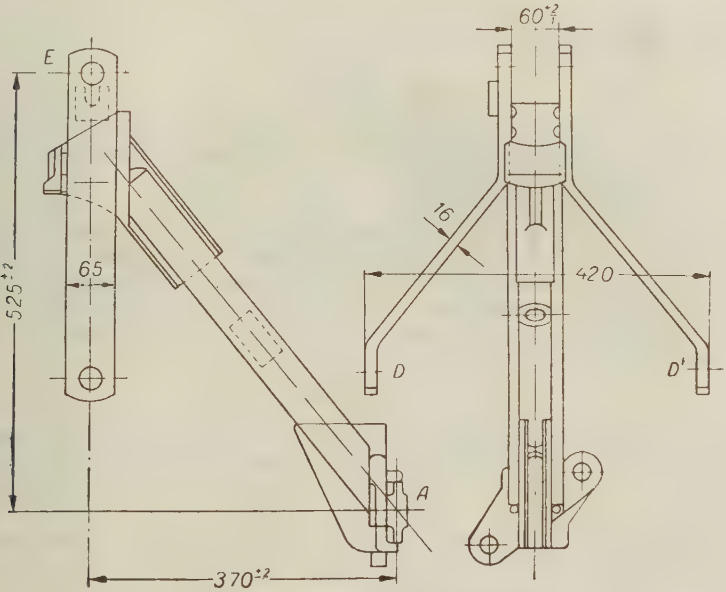


Рис. 1. Конструкция подвески к навесному плугу ПНУ-5.

Настоящая работа посвящена определению усилий в элементах подвески навесного плуга и выполнена в порядке содружества с производством по предложению специального конструкторского бюро по проектированию сельхозмашин при заводе им. Октябрьской революции в г. Одессе.

Конструкция подвески показана на рис. 1. Соединение подвески с плугом в точке A производится зажимной скобой. Соединение подвески с осью

вращения (которая крепится к трактору) имеет место в точках D и D^1, причем подвеска может вращаться вокруг линии D—D^1.

Конструкция подвески симметрична относительно срединной вертикальной плоскости ZOY (рис. 2).

В данном расчете принято, что усилия, действующие на подвеску, также симметричны относительно плоскости ZOY.

Внешние усилия действуют на подвеску в точках E, A, D и D^1. В точке E действует со стороны гидравлического устройства на тракторе толкающее усилие, величина которого равна $P = 3000$ *кг* (по заданию СКБ завода), направленное горизонтально в плоскости симметрии подвески.

Настоящий расчет произведен при условии статического приложения усилия $P = 3000$ *кг*.

В точках D и D^1 на подвеску действуют реакции, каждую из которых можно представить в виде трех составляющих, а также реактивные моменты, как показано на рис. 2. По симметрии величины соответствующих реакций в D и D^1 равны между собой.

В точке A соединение принято жестким; здесь возникают реакции и момент в плоскости симметрии.

Расчетная силовая схема представлена на рис. 2.

Из шести статических уравнений равновесия могут быть написаны только три уравнения:

$$\sum Y = 0; \quad \sum Z = 0; \quad \sum M_x = 0 \qquad (1).$$

Общее число неизвестных равно семи:

$$D_x, \ D_y, \ D_z \ A_y, \ A_z, \ M_A \ \text{и} \ M_D.$$

Таким образом, четыре неизвестных являются лишними. За лишние неизвестные, которые надо найти из дополнительных уравнений, приняты реакции в точках D и D^1, т. е. D_x, D_y, D_z и M_D.

В качестве способа нахождения лишних неизвестных принято начало наименьшей работы. При использовании этого способа надо составить выражение потенциальной энергии деформаций подвески, для чего требуется выяснить силовые факторы, действующие на элементы подвески, а также характер возникающих в каждом элементе деформаций.

В соответствии с конструкцией подвески в последней выделено шесть расчетных элементов (рис. 2):

1) DB, 2) BC, 3) EH, 5) CK, 6) KA.

Для каждого из этих элементов было составлено выражение потенциальной энергии. Например, в элементе DB возникает растяжение от силы D_z, изгиб и сдвиг от силы D_x, изгиб и сдвиг от силы D_y, а также изгиб от момента M_D.

Поэтому выражение потенциальной энергии в двух элементах DB и D^1B^1 будет следующим (рис. 3):

$$2U_{DB} = 2\left\{\frac{D_z^2 l_1}{2EF_1} + \int\limits_0^{l_1} \frac{(D_y \eta_1)^2 \, d\eta_1}{2EI_{x_1}} + \frac{D_y^2 l_1}{2F_1 G} + \int\limits_0^{l_1} \frac{(D_x \eta_1 - M_D)^2 \, d\eta_1}{2EI_{y_1}} + \frac{D_x^2 l_1}{2F_1 G}\right\} \qquad (2).$$

Аналогичные выражения были составлены для всех элементов. Общая потенциальная энергия деформации подвески равна сумме потенциальных энергий ее элементов:

$$U = 2U_{DB} + 2U_{BC} + U_{EH} + U_{HC} + U_{CK} + U_{AK} \qquad (3).$$

Согласно начала наименьшей работы частные производные от потенциальной энергии по каждой из лишних неизвестных (D_x, D_y, D_z и M_L) равны нулю.

$$\frac{\partial U}{\partial D_x} = 0; \quad \frac{\partial U}{\partial D_y} = 0; \quad \frac{\partial U}{\partial D_z} = 0; \quad \frac{\partial U}{\partial M_D} = 0 \qquad (4).$$

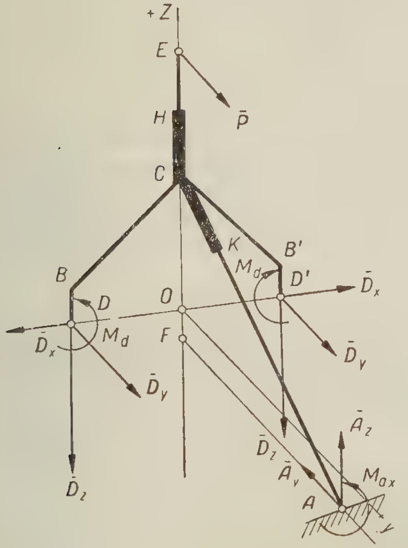


Рис. 2. Силовая схема.

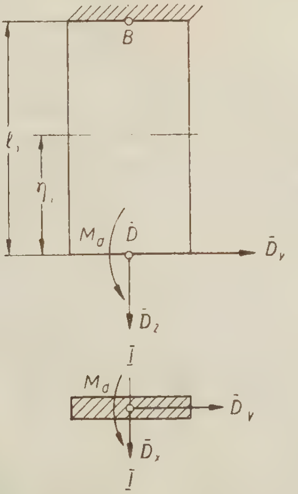


Рис. 3. К расчету элемента *DB*.

Указанные частные производные составлялись от каждого слагаемого в выражении (3).

Например, для элемента *DB*:

$$\frac{\partial (2U_{DB})}{\partial D_x} = 2\left(\frac{D_x l_1^3}{2EI_{y_1}} - \frac{M_D l_1^2}{2EI_{y_1}} + \frac{D_x l_1}{F_1 G}\right) \qquad (5),$$

$$\frac{\partial (2U_{DB})}{\partial D_y} = 2\left(\frac{D_y l_1^3}{3EI_{x_1}} + \frac{D_y l_1}{F_1 G}\right) \qquad (6),$$

$$\frac{\partial (2U_{DB})}{\partial D_z} = 2\,\frac{D_z l_1}{EF_1} \qquad (7),$$

$$\frac{\partial (2U_{DB})}{\partial M_D} = 2\left(-\frac{D_x l_1^2}{2EI_{y_1}} + \frac{M_D l_1}{EI_{y_1}}\right) \qquad (8).$$

Аналогично составлялись выражения частных производных от потенциальной энергии других элементов *BC*, *EH*, *HC*, *CK* и *AK* по каждой из лишних неизвестных.

Затем были собраны коэффициенты при каждом из лишних неизвестных в выражениях четырех частных производных каждого из элементов.

Например, для элемента DB:

$$\frac{\partial(2U_{DB})}{\partial D_x} = D_x\left(\frac{2l_1^3}{3EI_{y_1}} + \frac{2l_1}{F_1G}\right) + M_D\left(-\frac{l_1^2}{EI_{y_1}}\right) \quad (9),$$

$$\frac{\partial(2U_{DB})}{\partial D_y} = D_y\left(\frac{2l_1^3}{3EI_{x_1}} + \frac{2l_1}{F_1G}\right) \quad (10),$$

$$\frac{\partial(2U_{DB})}{\partial D_z} = D_z\frac{2l_1}{EF_1} \quad (11),$$

$$\frac{\partial(2U_{DB})}{\partial M_D} = D_x\frac{l_1^2}{EI_{y_1}} + M_D\left(+\frac{2l_1}{EI_{y_1}}\right) \quad (12).$$

В дальнейшем все коэффициенты при лишних неизвестных, а также свободные члены были вычислены на основании геометрических и механических характеристик элементов. Длины всех элементов, площади поперечных сечений и моменты инерции, входящие в выражения коэффициентов и свободных членов, были определены на основании чертежей, предоставленных СКБ завода им. Октябрьской революции.

Материалом деталей является полосовая прокатная сталь и стальное литье (в элементах 4 и 5 полосовая сталь сваривается с отливкой).

После вычисления коэффициентов частные производные от потенциальной энергии каждого элемента по одному из лишних неизвестных складывались и каждая из сумм приравнивалась нулю.

В результате были получены уравнения начала наименьшей работы в следующем виде:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial U}{\partial D_x} &= D_x(+2240) + D_y(0) + D_z(-1747) + M_D(-80{,}74) = 0\\
\frac{\partial U}{\partial D_y} &= D_x(0) + D_y(-345) + D_z(-145) + M_D(0) + (-476\cdot 10^3) = 0\\
\frac{\partial U}{\partial D_z} &= D_x(-1740) + D_y(71{,}84) + D_z(+2280) + M_D(+112) +\\
&\qquad + (-1781\cdot 10^3) = 0\\
\frac{\partial U}{\partial M_D} &= D_x(-149) + D_y(0) + D_z(+112) + M_D(+13{,}36) = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (13).$$

Решая систему полученных уравнений, находим искомые лишние неизвестные:

$$D_x = 1510 \text{ кг}$$
$$D_y — 533 \text{ »}$$
$$D_z = 1920 \text{ »}$$
$$M_D = 900 \text{ кг} \times \text{см}$$

Подставляя полученные значения лишних неизвестных в уравнения равновесия (1), можно найти также и неизвестные A_y, A_z и M_A.

Однако для определения напряжения в сечениях деталей подвески в этом нет необходимости, так как все напряжения могут быть найдены по известным значениям D_x, D_y и M_D.

СКБ при заводе им. Октябрьской революции было проведено тензометрирование и опытным путем определены статистические напряжения в некоторых точках подвески, расчет которой здесь рассматривается. Эти испытания показали, что точками, где возникают большие напряжения, являются точки в сечении C элемента BC.

На основании произведенного расчета усилий было подсчитано напряжение в точках этого же сечения.

Сечение является прямоугольником. Напряжения определялись в точках C_I, C_{II}, C_{III} и C_{IV} (рис. 4).

Результаты подсчетов приведены в таблице.

Таблица

Точки	Суммарные нормальные напряжения (в $кг/см^2$)	Суммарные касательные напряжения (в $кг/см^2$)	Главные напряжения (в $кг/см^2$)	
C_I	+1390	190	+1431	— 41
C_{II}	— 923	290	+ 100	—1020
C_{III}	—1110	217	+ 42	—1152
C_{IV}	+1580	275	+1596	— 78

Произведенный расчет показывает, что напряжение в опасном сечении подвески к плугу ПНУ-5 могут достигать большой величины порядка $1600 \frac{кг}{см^2}$.

Тензометрирование подвески было произведено СКБ по проектированию сельхозмашин при заводе им. Октябрьской революции на специальном стенде под статической нагрузкой.

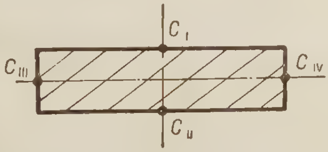


Рис. 4. Сечение C элемента BC.

Данные тензометрирования показали, что опасное сечение, где возникают наибольшие напряжения, действительно находятся у перегиба детали BC в сечении C. Согласно проведенному тензометрированию напряжения в этом сечении достигают величин порядка $1500 \frac{кг}{см^2}$, что примерно совпадает с максимальными величинами напряжений, полученными в настоящем расчете.

ВЫВОДЫ

Исследованы усилия и напряжения в подвеске к навесному плугу ПНУ-5 завода им. Октябрьской революции в г. Одессе.

В результате расчета найдено, что напряжения в опасном сечении стойки могут достигать $1600 \frac{кг}{см^2}$. Эти данные подтверждаются проведенным тензометрированием подвески.

В условиях переменной нагрузки, которую испытывает подвеска при пахоте, указанное напряжение следует признать большим.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

П. И. РОЩИН

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ГИДРОСТАНЦИЙ СЕЛЬСКИХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Все повышающиеся требования, предъявляемые сельскохозяйственными потребителями в отношении качества электроэнергии и надежности электроснабжения, заставляют объединять сельские электростанции в энергосистемы.

Эти сельские энергосистемы, кроме облегчения регулирования напряжения и частоты, а также повышения надежности электроснабжения, позволяют более эффективно использовать местные энергоресурсы по сравнению с одиночными сельскими электростанциями.

Особенно большое значение для сельскохозяйственной электрификации могут иметь такие системы в районах, удаленных от мощных энергосистем, где развитие комплексной электрификации может обеспечить такая система электроснабжения, которая по качеству электроэнергии и экономической эффективности в какой-то степени приближалась бы к мощным электроустановкам.

Значительную роль в таких малых энергосистемах будут играть гидроэлектростанции, сооружаемые на небольших реках. Так, например, почти в 60% всех малых энергосистем, которые можно создать в УССР, будут участвовать гидроэлектростанции.

Одной из главных задач при эксплуатации энергосистемы, включающей гидроэлектростанции, является рациональное использование водостока реки, установление наиболее выгодных режимов работы гидроагрегатов и гидростанций. Экономичность работы такой энергосистемы в значительной степени зависит от удельного расхода воды на полезноотпущенный киловатт-час и определяется количеством электрической энергии, полученным от одного кубического метра воды, пропущенного через турбины станции.

При проектировании гидростанций часто не обращают внимания на эту эксплуатационную сторону вопроса и выбирают энергетическое оборудование, руководствуясь главным образом минимальными годовыми расходами станции. При таком выборе бывает, что силовое оборудование часто работает в зоне неэкономичных, невыгодных нагрузок с большими удельными расходами воды на каждый выработанный агрегатом киловатт-час электроэнергии. Между тем, располагая эксплуатационными характеристиками $H = f(N)$ гидротурбин разных типов, легко можно подсчитать расходы воды *м³/сек*, соответствующие разным значениям мощностей N_n, развиваемых турбинами, построить расходные характеристики гидротурбин $Q = f(N_n)$, а на основании последних определить потери мощности

в турбинах ГЭС и построить энергетические характеристики $\Delta N = f(Nn)$, где Nn — полезная мощность.

Расходные характеристики позволяют судить о правильности выбора оборудования гидростанций с рассматриваемой точки зрения, а на основании энергетических характеристик можно определить зону экономических нагрузок ГЭС.

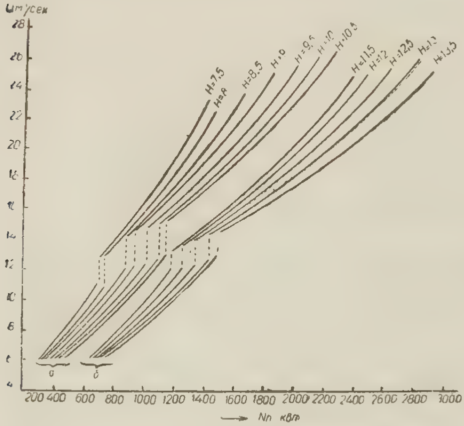


Рис. 1. Расходные характеристики Корсунь-Шевченковской и Стеблевской ГЭС: а) Корсунь-Шевченковской ГЭС, б) Стеблевской ГЭС.

В УССР три года работает Корсунь-Шевченковская энергосистема, являющаяся первой сельской энергосистемой в республике и состоящая в настоящее время из 4 гидростанций — Корсунь-Шевченковской, Стеблевской, Богуславской и Дыбенской, расположенных на р. Рось. В дальнейшем предполагается строительство на той же реке Рось еще двух гидростанций — Хохитвянской и Прусы-Бушевской, и система при ее полном развитии будет состоять из шести гидростанций.

Нами была проделана работа по установлению зон экономических нагрузок гидростанций этой системы, имеющих следующие основные технические показатели.

Показатели	Корсунская ГЭС	Стеблевская ГЭС	Хохитвянская ГЭС	Богуславская ГЭС	Дыбенская ГЭС	Прусы-Бушевская ГЭС
Три ГЭС	Дерив.	Приплот.	Приплот.	Дерив.	Приплот.	Приплот.
Расчетный напор	9,5	12,85	3,55	8,45	3,8	4,7
Расчетный расход $м^3/сек$	29	29	19	18,8	18	18
Установленная мощность	1850	2500	490	1000	465	665 *квт*
Турбины						
Тип	Френсис	Френсис	Каплан	Пропел.	Пропел.	Каплан
Число	2	2	1	2	3	1
Генераторы						
Число	2	2	1	2	3	1
Мощность (*квт*)	1200	1500	625	600	220	750
Напряжение (*вольт*)	6300	6300	6300	6300	400	6300
К.п.д. (%)	93	93,5	87,5	90,8	88,5	89,5

На основании эксплуатационных характеристик, установленных и запроектированных к установке гидротурбин на указанных станциях, и гидрологических данных р. Рось были построены расходные характеристики станций $Q = f(N_n)$, приведенные на рисунках 1, 2, 3, 4, 5, для разных возможных напоров.

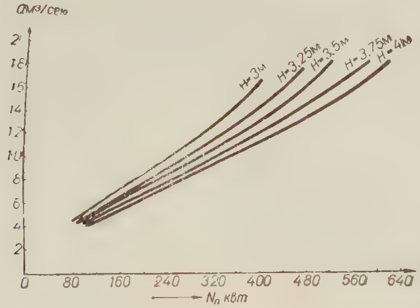


Рис. 2. Расходные характеристики Хохитвянской ГЭС.

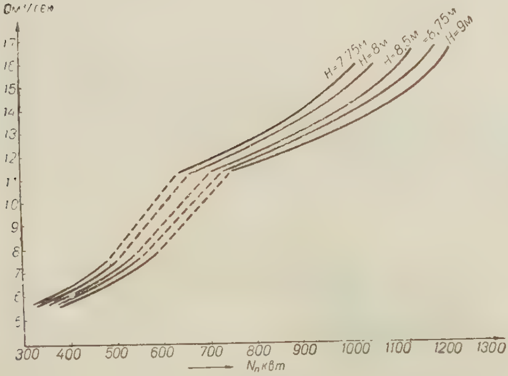


Рис. 3. Расходные характеристики Богуславской ГЭС.

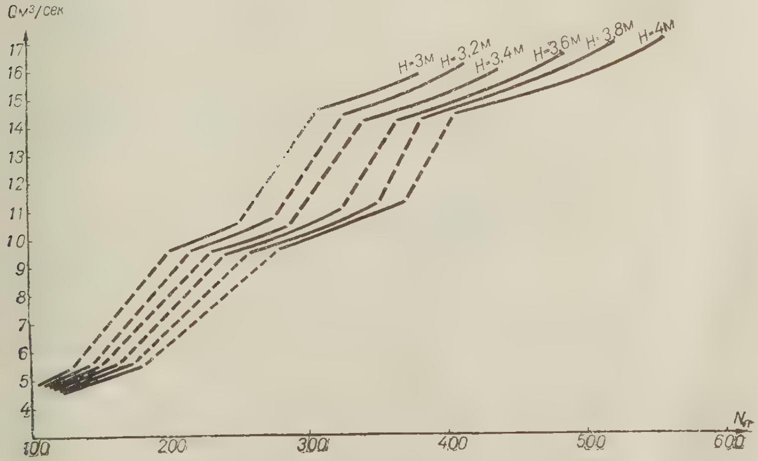


Рис. 4. Расходные характеристики Дыбенской ГЭС.

Форма этих характеристик свидетельствует, что на некоторых гидростанциях системы незначительное увеличение нагрузки свыше определенных пределов вызывает сильное увеличение расхода воды и работа станций будет происходить при очень неблагоприятных условиях (скачок характеристик, обозначенный на рисунках пунктиром). Очень большой скачок расходных характеристик наблюдается у Дыбенской ГЭС (рис.4). Например, при напоре $H = 3{,}8$ *м* нагрузку этой станции, равную 180 *квт*, один агрегат покрыть не может. При пуске второго агрегата нагрузка 180 *квт* распределится между ними поровну по 90 *квт*, но для такой мощности нет соответствующей точки на расходной характеристике. Это указывает на работу турбин при нагрузке 90 *квт* каждая с чрезвычайно низким к. п.д. Скачки расходных характеристик наблюдаются также при переходе от работы двумя агрегатами к работе тремя.

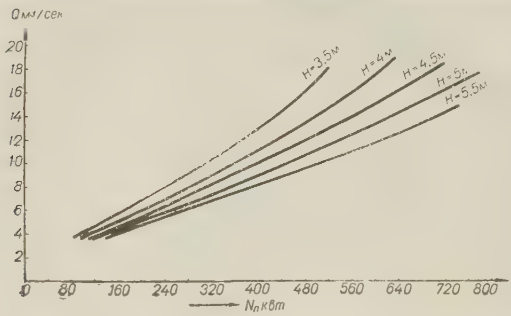


Рис. 5. Расходные характеристики Прусы-Бушевской ГЭС.

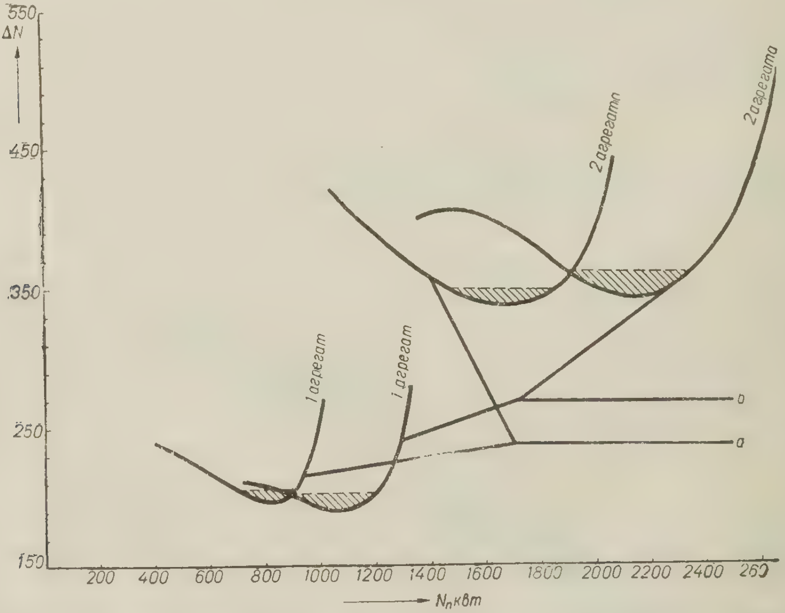


Рис. 6. Энергетические характеристики Корсунь-Шевченковской и Стеблевской ГЭС: а) Корсунь-Шевченковской ГЭС, б) Стеблевской ГЭС.

Такое же положение наблюдается и на Богуславской ГЭС (рис. 3).

Все сказанное свидетельствует о том, что выбор силового оборудования для этих двух станций нельзя признать удачным и для работы в зоне

неблагоприятных нагрузок возможно было бы применить другую турбину с более благоприятной характеристикой.

С целью установления пределов экономических нагрузок станций при работе различного числа агрегатов были построены энергетические характеристики $\Delta N = f(N_n)$, где ΔN — потери, равные $\Delta N = N - N_n$, а $N = 9{,}81 QH_{бр}$— подведенная к турбинам мощность, $H_{бр}$ — напор брутто при определенной отметке верхнего бьефа и колебаниях отметки нижнего бьефа в зависимости от расхода воды.

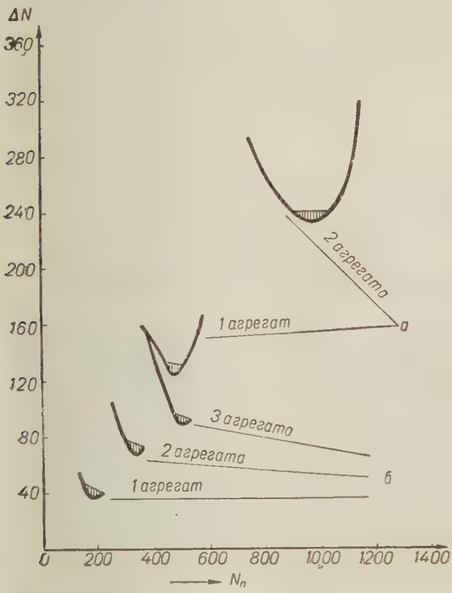


Рис. 7. Энергетические характеристики Богуславской и Дыбенской ГЭС: а) Богуславской ГЭС, б) Дыбенской ГЭС.

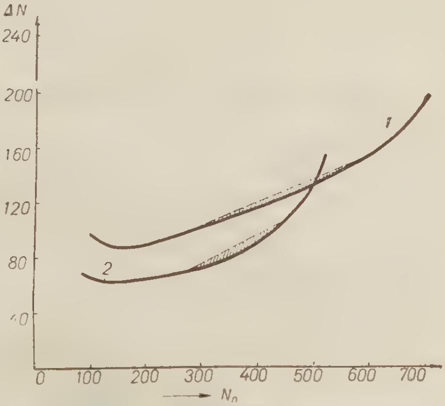


Рис. 8. Энергетические характеристики: 1. Прусы-Бушевской ГЭС, 2. Хохитвянской ГЭС.

Энергетические характеристики станций системы приведены на рис. 6, 7, 8 при работе разного количества агрегатов.

На графиках экономические нагрузки при работе с разным числом агрегатов и указанных выше условиях определяются нижними точками кривых.

Так как нагрузка станции не постоянна, то на энергетических характеристиках выделены заштрихованные зоны, в пределах которых станции или агрегат будут работать при наиболее высоких к. п. д. и от каждого кубического метра воды будет получаться наибольшее количество электрической энергии.

Поэтому при проектировании гидростанций нужно рекомендовать строить расходные и энергетические характеристики, чтобы можно было судить о правильности выбора оборудования.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Б. Х. ДРАГАНОВ,
кандидат технических наук, доцент

РАСХОД ПАРА ДЛЯ ПАРОВОЙ МАШИНЫ С ОТБОРОМ ПАРА

Расход пара на машину больше теоретического из-за наличия тепловых потерь от теплообмена, утечки пара через золотники и поршень и от потери во внешнюю среду. Таким образом, к теоретическому или полезному расходу пара следует добавить количество пара, идущего на компенсацию вышеуказанных тепловых потерь.

Потеря тепла во внешнюю среду очень незначительна и при хорошей изоляции цилиндров составит менее одного процента; поэтому в дальнейшем эту потерю учитывать не будем.

В этом случае количество пара, поступающего в цилиндр за период пуска — $U_В$, равно:

$$U_в = U_п + U_т + U_у \qquad (1),$$

де: $U_п$ — полезный расход пара, а $U_т$ и $U_у$ — добавочный расход пара на компенсацию потери от теплообмена и утечки пара.

Уравнение (1) можно написать в виде:

$$U_в = U_п\left(1 + \frac{U_т}{U_п} + \frac{U_у}{U_п}\right) = U_п(1 + K_т + K_у) \qquad (2).$$

В данном выражении $K_т$ и $K_у$ представляют относительное увеличение расхода пара вследствие потери от теплообмена и утечки, отнесенные к полезному расходу пара $U_п$.

Полезный или теоретический расход пара, приведенный к среднему давлению впуска — $p_в$, слагается из объема $в_{1-2}\,a = e_{ов}\,V_{цв}$, идущего на заполнение части объема вредного пространства, и объема пара $a_1 в_1 = \varepsilon^т_в V_{цв}$, идущего на заполнение цилиндра до момента отсечки (рис. 1).

Таким образом:

$$U_п = (e_{0в} + \varepsilon^т_в)\,V_{цв}\,\gamma_в \ кг/\text{ход поршня} \qquad (3),$$

где: $\gamma_в$ — среднее значение удельного веса пара в цилиндре за период впуска (в $кг/м^3$).

Для определения значения $e_{0в}$ найдем объем $e_{1в} V_{цв}$, который займет пар объемом $(e_в + \sigma^т_в)V_{цв}$, сжимаемый с давления $p_{в2}$ до давления $p_в$, т. е. объем остаточного пара во вредном пространстве при давлении впуска.

Напишем уравнение политропического сжатия пара в ц. в. д.:

$$p_{в2}\,[(e_в + \sigma^т_в)\,V_{цв}]^{m_1} = p_в(e_{1в} \cdot V_{цв})^{m_1}.$$

Откуда

$$e_{1в} V_{цв} = (e_в + \sigma_в^т) \sqrt[m_1]{\frac{p_{в_2}}{p_в}} \cdot V_{цв} \qquad (4).$$

Относительный объем вредного пространства, заполняемый свежим паром (так называемый объем истинного вредного пространства) $в_{1-2}a_1 = e_{0в}V_{цв}$ определится как разность объемов $e_0V_{цв}$ и $e_{1в}V_{пв}$.

Следовательно:

$$e_{0в}V_{цв} = (e_в - e_{1в}) = \left[e_в - (e_в + \sigma_в^т)\sqrt[m_1]{\frac{p_{в_2}}{p_в}}\right] V_{цв} \qquad (5),$$

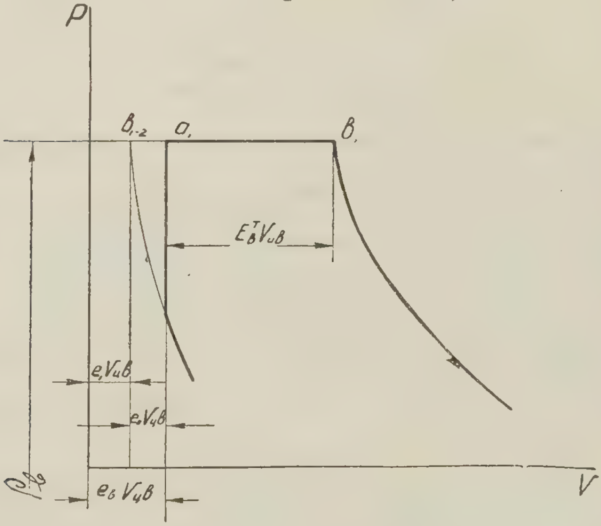


Рис. 1. Процесс впуска в ц. в. д. в теоретическом процессе (для цилиндра с вредным пространством).

Полезный расход пара в объемных единицах за один оборот вала в одной полости ц. в. д. будет равен:

$$V_п = \left[\varepsilon_в^т + e_в - (e_в + \sigma_в^т)\sqrt[m_1]{\frac{p_{в_2}}{p_в}}\right] V_{цв} \qquad (6),$$

или

$$V_п = [\varepsilon_в^т + e_в - (e_в + \sigma_в^т) C] V_{цв} \qquad (7),$$

где

$$C = \sqrt[m_1]{\frac{p_{в_2}}{p_в}}$$

Расход пара определяется размерами цилиндра высокого давления и элементами парораспределения этого цилиндра. Для данной машины расход пара будет главным образом зависеть от значения степени наполнения ц. в. д.

Обозначим через $\varepsilon_{в0}^т$ — теоретическую степень наполнения машины с отбором пара и через $\varepsilon_в^т$ — теоретическую степень наполнения той же машины при конденсационном режиме (т. е. когда отбор пара из ресивера равняется нулю).

Можно определить связь между $\varepsilon^{\text{т}}_{\text{в}0}$ и $\varepsilon^{\text{т}}_{\text{в}}$.

Известно, что для паровой машины с отбором пара

$$D_0 = D_1 + yD_{\text{отб}} \tag{8}$$

где: D_1 — количество пара, идущего в машину в случае отсутствия отбора;
D_0 — расход пара на машину с отбором пара;
$D_{\text{отб}}$ — количество пара, отбираемого из машины;
y — коэффициент недовыработки.

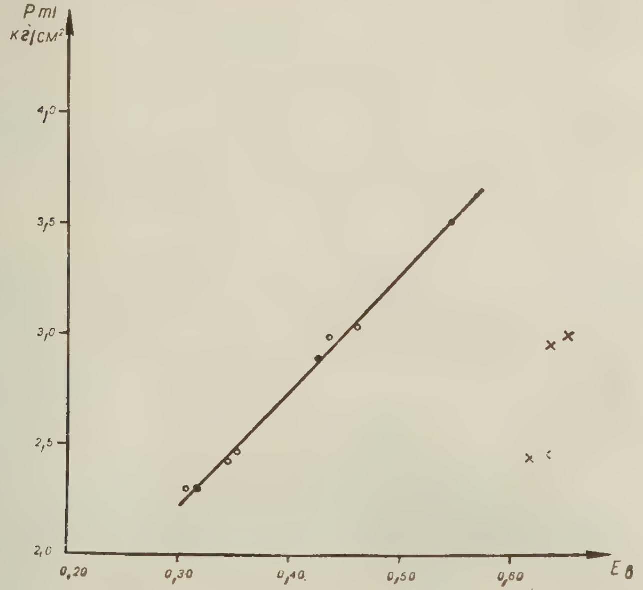


Рис. 2. Зависимость степени наполнения ц.в.д. машины локомобиля СТК-250 от среднего индикаторного давления: $\cdot$ конденсационный режим машины; + —значения $\varepsilon_{\text{в отб}}$; о — значения $\varepsilon_{\text{вк}}$, полученные расчетом.

Уравнение (8) может быть записано в следующем виде:

$$\left\{\varepsilon^{\text{т}}_{\text{в}_0} V_{\text{цв}} + \left[e_{\text{в}} - (e_{\text{в}} + \sigma^{\text{т}}_{\text{в}_0}) \sqrt[m_1]{\frac{p_{\text{н}_0}}{p_{\text{в}}}}\right] V_{\text{цв}}\right\} \gamma_1 =$$

$$= \left\{\varepsilon^{\text{т}}_{\text{в}} V_{\text{цв}} + \left[e_{\text{в}} - (e_{\text{в}} + \sigma^{\text{т}}_{\text{в}}) \sqrt[m_1]{\frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{в}}}}\right] V_{\text{цв}}\right\} \gamma_1 + yU_{\text{отб}} \tag{9}$$

где: γ_1 — удельный вес пара в золотниковой коробке цилиндра высокого давления;
$U_{\text{отб}}$ — весовое количество пара, отбираемое из машины за один ход поршня.

Понятно, что $U_{\text{отб}} = V_{\text{отб}} \gamma_0$,

где γ_0 — удельный вес отбираемого пара.

Поделим обе части уравнения (9) на $V_{\text{цв}} \gamma_1$:

$$\varepsilon^{\text{т}}_{\text{в}_0} + e_{\text{в}} - (e_{\text{в}} + \sigma^{\text{т}}_{\text{в}_0}) \sqrt[m_1]{\frac{p_{\text{н}_0}}{p_{\text{в}}}} = \varepsilon^{\text{т}}_{\text{в}} + e_{\text{в}} - (e_{\text{в}} + \sigma^{\text{т}}_{\text{в}}) \sqrt[m_1]{\frac{p_{\text{н}}}{p_{\text{в}}}} + y \frac{U_{\text{отб}}}{\gamma_1 V_{\text{цв}}} \tag{10}$$

Подставив для $U_{отб}$ свое значение, получим выражение для $\varepsilon^{т}_{в0}$, в зависимости от $\varepsilon^{т}_{в}$ и других элементов машины:

$$\varepsilon^{т}_{в_0} = \varepsilon^{т}_{в} + (e_{в} + \sigma^{т}_{в_0}) \sqrt[m_1]{\frac{p_{н_0}}{p_{в}}} - (e_{в} + \sigma^{т}_{в}) \sqrt[m_1]{\frac{p_{н}}{p_{в}}} + y \frac{V_{отб}}{V_{цв}} \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma_1} \qquad (11).$$

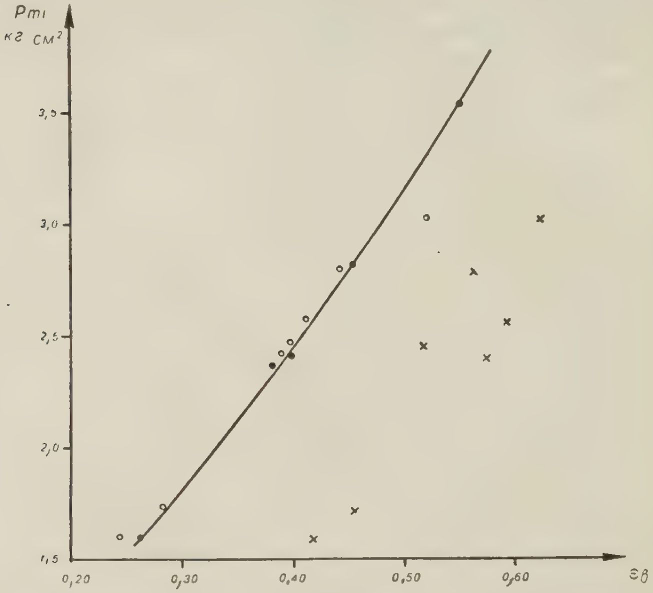


Рис. 3. Зависимость степени наполнения ц.в.д. машины локомобиля СТК-350 от среднего индикаторного давления.

Для приближенных расчетов это выражение можно упростить.

Если считать, что значение произведения $(e_{в} + \sigma^{т}_{в}) \sqrt[m_1]{\frac{p_{н}}{p_{в}}}$ мало зависит от количества отбираемого пара, получим простую зависимость между $\varepsilon^{т}_{в0}$ и $\varepsilon^{т}_{в}$:

$$\varepsilon^{т}_{в_0} = \varepsilon^{т}_{в} + y \frac{V_{отб}}{V_{цв}} \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma_1} \qquad (12)$$

либо

$$\varepsilon^{т}_{в_0} = \varepsilon^{т}_{в} + y \frac{U_{отб}}{U_1} \cdot \qquad (13).$$

Пользуясь вышеприведенной формулой для локомобилей СТК-250 и СТК-350, были определены значения $\varepsilon_{в}$ по известному значению $\varepsilon_{в0}$. Из рис. 2, 3 видно, что получены вполне удовлетворительные результаты. Значения $\varepsilon_{в}$, определенные по формуле (13), находятся довольно близко к кривой, дающей зависимость степени наполнения при конденсационном режиме от среднего индикаторного давления машины.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Д. Е. МЕЛЬНИЧЕНКО,
кандидат технических наук, доцент

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ВОДОСЛИВНОЙ ВАКУУМНОЙ ПЛОТИНЫ МАЛОГО И СРЕДНЕГО НАПОРА

Проблема профилей вакуумных водосливных плотин за последнее время поставлена в ряд наиболее актуальных вопросов гидравлики сооружений. Все исследования в этом направлении чрезвычайно интересны и могут дать большую практическую ценность.

До сего времени строятся преимущественно безвакуумные плотины; характерной чертой последних является то, что им придают более выпуклое и плавное очертание сливной части, а это связано в свою очередь с увеличением полноты профиля, чрезмерными запасами прочности в отношении устойчивости, но гарантирует сооружение от появления вакуума на сливной поверхности.

При этом принимается ограниченный напор и сравнительно незначительная толщина переливающегося слоя воды через плотину, т. к. малейшее превышение расчетного напора (безвакуумного) влечет за собой появление вакуума.

В наших опытах на модели с безвакуумной плотиной Краснохуторской ГЭС, для которой по проекту Украинского филиала «Гипросельэлектро» расчетный напор (H_0) принят 2,8 *м* (т. е. для модели $^1/_{40}$ натуры он отвечал 7 *см*), был получен вакуум при увеличении напора.

При проверке модели этой плотины в гидравлической лаборатории УСХА установлено, что при напорах до 7 *см* (проектный напор) вакуум не появляется, а с превышением расчетного напора, т. е. при 8 *см*, 10 *см*, 12 *см* и 13 *см*, что отвечало натуре 3,2 *м*, 4 *м*, 4,8 *м* и 5,2 *м*, — вакуум отмечен в таких размерах (табл. 1).

Таблица 1

№ пьезометр	Напоры				Примечание
	10 *см*	8 *см*	7,5 *см*	5 *см*	
1	−20	− 4	+10	+20	— вак. + полож. давлен.
2	−40	−15	+ 5	+17	
3	−20	− 4	+10	+18	
4	−16	0	+11	+15	
5	− 8	0	+12	+13	
6	− 6	+ 4	+ 8	+ 8	
7	+12	+12			

На рис. 1 и 2 приведены профили плотины Краснохуторской ГЭС по проекту «Гипросельэлектро» и по профилю № 3. На профилях показаны пьезометры.

Ниже (табл. 2) приводятся все гидравлические данные обоих профилей плотин при напоре 10 *см*, что в масштабе 1 : 40 отвечает натуре H — 4,0 *м*.

В первом случае (по проекту «Гипросельэлектро») величина вакуума в абсолютном выражении равна 1,6 *м*, что составляет коэффициент вакуумности (отношение $H_{вак} : H_0 = \sigma = 0{,}4$. Коэффициент расхода при этом получен $m = 0{,}505$.

Во втором случае (модель, изготовленная по вакуумному профилю № 3, предложенному автором) при тех же равных гидравлических условиях получились такие показатели: размер вакуума в абсолютном выраже-

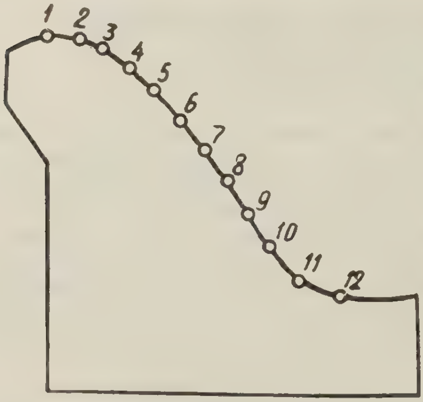


Рис. 1. Плотина Краснохуторской ГЭС (по проекту «Гипросельэлектро»).

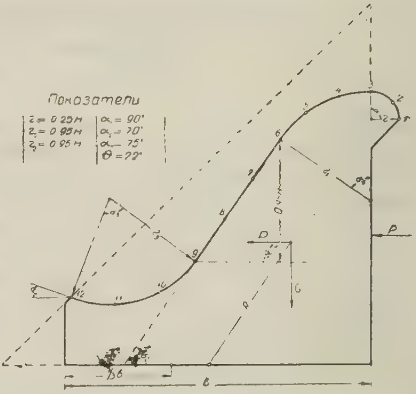


Рис. 2. Плотина профиля № 3 (предложенная автором).

нии равен 4,64 *м*, что составляет коэффициент вакуумности $\sigma = 1{,}16$; коэффициент расхода $m = 0{,}555$.

Таблица 2

Показатели опытов	Плотина Краснохуторской ГЭС по проекту «Гипросельэлектро»	Плотина Краснохуторской ГЭС по профилю № 3
H/мод	10 *см*	10 *см*
Q *л/сек*	35,5	39,48
Коэффициент расхода m	0,505	0,555
Вакуумность в натуре hb	1,24	4,64
Коэффициент вакуумности σ	0,31	1,16
Площадь поперечного сечения профиля w	428 *см*^{2}	350

По данным Н. П. Розанова (Вакуумные водосливные плотины, Стройиздат, 1940), вполне допустимым вакуумом является 5 *м* и даже несколько более, поэтому полученный вакуум на плотине профиля № 3 не является опасным для сооружения и такой профиль может быть вполне осуществим.

При сравнении этих двух профилей могла быть получена во втором случае (профиль № 3) значительная экономия не только за счет улучшения гидравлических условий водослива, но и за счет сокращения чрезмерных запасов прочности — уменьшения поперечного сечения профиля плотины.

Размер экономии определяется:

а) за счет увеличения пропускной способности (улучшение гидравлических условий):

$$\frac{0,555 - 0,505}{0,505} = 10,0\%,$$

б) за счет уменьшения кладки (улучшение профиля): поперечное сечение профиля Краснохуторской плотины $w = 428$ *см*², поперечное сечение плотины по профилю № 3 $W = 350$ *см*²

$$\frac{428 - 350}{350} = 25\%.$$

Принимая во внимание, что с увеличением коэффициента расхода (m) будет уменьшена длина плотины главным образом в прибрежной зоне, где поперечное сечение ее значительно меньше, чем в средней части, то, очевидно, за счет увеличения коэффициента расхода (m) объем кладки уменьшится не на 10%, а на 4—5%. Таким образом, вся экономия составит около 30% от стоимости плотины.

Изложенное выше дает основание сделать заключение, что, создавая рациональную форму оголовка сливной части плотины, можно достичь такого положения, когда коэффициент расхода (m) будет максимальный, а коэффициент вакуумности $\left(\frac{H_{вак}}{H_0} = \sigma\right)$ будет доведен до минимума при достаточной статической устойчивости.

Известно, что размеры вакуума тесно связаны с размерами коэффициента расхода, но такая последовательность может быть нарушена в отдельных случаях изменением формы оголовка. Поэтому, устанавливая допустимые пределы зависимостей между вакуумом и коэффициентом расхода и имея в виду, что формирование вакуума происходит в границах оголовка водослива, можно найти наиболее рациональную форму оголовка, удовлетворяющую поставленным целям.

До сего времени утвердилось мнение, что при увеличении расхода, сверх расчетного, на оголовке появляется вакуум, причем расположение наибольшей его ординаты смещается все более и более в верховую сторону от гребня. Такое положение вакуума оказывает тормозящее влияние на струю и нарушает установившееся положение потока, а в дальнейшем сказывается на уменьшении коэффициента расхода.

В профилях вакуумных плотин, предложенных автором, ордината наибольшего вакуума всегда располагается ниже гребня оголовка и в этом случае вакуум увеличивает коэффициент расхода (см. данные плотины Терновской ГЭС по проекту «Гипросельэлектро» и по профилю № 3 см. табл. 3). С увеличением расхода растет вакуум и коэффициент расхода. Рост коэффициента (m) прекратится в тот момент, когда скорости настолько увеличатся, а давление соответственно настолько уменьшится, что струя оторвется от оголовка, воздух прорвется в область вакуума и сорвет его.

В гидравлической лаборатории Украинской сельскохозяйственной академии произведены исследования большого числа различных профилей вакуумных водосливных плотин.

В результате исследований получены более удовлетворительные данные, чем данные, до сего времени известные в части уменьшения размеров вакуума ($h_{вак}$) и увеличения коэффициента расхода (m). Это было достигнуто путем сочетания многоцентрового кругового оголовка с устройством незначительных размеров консоли на входной части его (профиль № 3). Входная часть такого оголовка имеет более обтекаемую форму и создает

минимальные затраты энергии на потери, подобно тому, как это имеет место в очертании мостовых бычков.

Этот профиль имеет такие размеры: верхняя овальная часть оголовка строится по двум радиусам (рис. 3).

Эта часть оголовка соединяется с вертикальной стенкой плотины и создает консоль под углом 40°. Общая высота входной части составляет $0{,}45H$. Затем первая кривая часть оголовка соединяется со второй кривой, представляющей собой дугу, построенную радиусом $r_2 = 0{,}95H$, при длине описуемой им дуги, равной $\frac{2\pi r_2 70°}{360°}$.

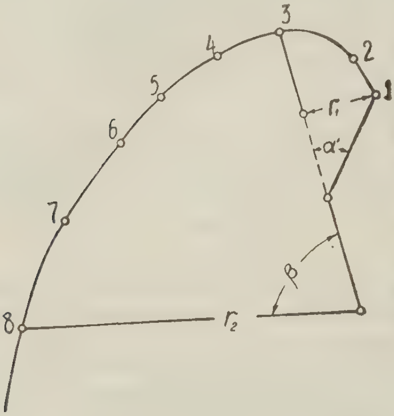


Рис. 3. Построение оголовка плотины профиля № 3.

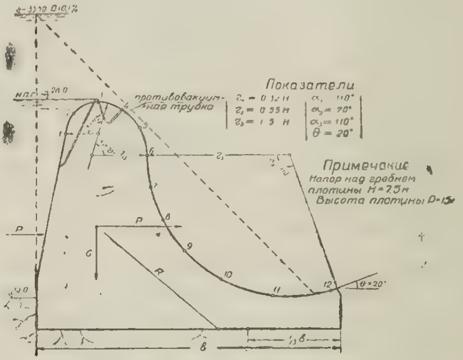


Рис. 4. Построение оголовка плотины профиля № 4.

Дальше вторая кривая оголовка переходит в прямой, наклонный под углом 30° участок, по высоте равный $0{,}95H$ и, наконец, этот участок переходит в закругленный носок, образуемый радиусом $r_3 = 0{,}95H$ при длине дуги, описуемой им, и равный $\frac{2\pi r_3 75°}{360°}$.

Угол подъема носка $\theta = 22°$.

Таблица 3

Результаты исследования профилей при напоре H_0 — 10 *см*

Показатели опытов	Терновская плотина по вакуумному профилю Ребока	Терновская плотина по профилю № 3	Плотина профиля № 3	Плотина безвакуумного профиля Кригера-Офицерова	Плотина профиля № 4	Плотина вакуумного профиля Ребока
H_0 в *мм*	233,5	234	240	288	242	239
Q *л/сек*	36,78	37,10	39,48	34,74	40,4	39,40
m	0,526	0,527	0,560	0,495	0,58	0,555
h вак. натур. в *м*	4,44	2,28	4,56	0,24	4,2	4,56
Коэф. вакуум. σ .	1,11	0,57	1,16	0,06	1,05	1,16
w в *см*²	421	366	350	475	340	351

Описываемый профиль плотины при исследованияех показал лучшие результаты. Здесь размер вакуума в два и более раза меньше, чем на других профилях плотин (табл. 3).

Мы считаем, что можно и должно установить такую форму профиля вакуумной плотины, при которой распределение вакуума будет равномерное или близкое к этому, и что зона его (вакуума) отодвинется еще более в сторону нижнего бьефа. Это значит, что надо создать сливную поверхность равного давления. Для этого автор предложил гибкую поверхность водослива.

Сливная поверхность модели плотины была сделана из листовой резины (рис. 4).

Во время опыта давления на поверхности сливной части и под ней уравновешивались. Деформируемый потоком воды резиновый профиль принял наиболее благоприятную форму для протекания потока. По этому профилю была сделана жесткая модель из бетона и на ней были установлены пьезометры для определения давления на поверхности водослива.

На этом профиле при равных условиях с другими профилями коэффициент расхода доходил до $m = 0{,}6$, а также было достигнуто некоторое улучшение в части уменьшения вакуума, а именно: он формировался зоной, более равномерно распределенной, сдвинутой в сторону нижнего бьефа, и размер его меньше размера вакуума, полученного на плотине, изготовленной по Ребоку. Такое расположение вакуума способствует увеличению коэффициента расхода и дает возможность применить противовакуумные трубки и тем самым свести вакуум до минимума.

Предложенный автором профиль № 4 был зарисован и зафиксирован на фотоснимке. По этому профилю изготовлена модель из бетона, в масштабе 1 : 40 натуральной величины плотины.

Этот профиль имеет следующее строение: верхняя овальная часть оголовка (многоцентровой оголовок) строится по двум радиусам: $r_1 = 0{,}32H$, принимая H равным напору над гребнем плотины. Длина дуги, описываемой этим радиусом, равна $\frac{2\pi r_1 110^\circ}{360^\circ}$ · $r_2 = 0{,}55H$. Длина дуги, описываемой этим радиусом, равна $\frac{2\pi r_2 70^\circ}{360^\circ}$.

Первая кривая оголовка плотины соединяется с вертикальной стенкой. Дальше вторая кривая оголовка соединяется с кривой, образующей среднюю и нижнюю части водосливной поверхности. Она строится радиусом ($r_3 = 1{,}5\ H$).

Длина дуги, описуемой этим радиусом, равна $\frac{2\pi r_3 100^\circ}{360^\circ}$ и заканчивается носком, составляющим с горизонталью угол $\theta = 20^\circ$.

На бетонной модели этого профиля водосливной вакуумной плотины получены показатели, значительно улучшающие положение поставленного вопроса.

Все исследования приводятся в сравнительной таблице 3.

Для достижения плавного соединения сливной части с дном нижнего бьефа и для того, чтобы избежать разрушительного действия ударов падающей струи и льда, нижнюю часть плотины сопрягают с дном чаще всего с помощью кривой определенного радиуса, что придает струе на выходе горизонтальное или близкое к нему направление и отгоняет проходящий лед.

По справочным данным для плотин высотой $P = 10$ *м* принимается $r_3 = 0{,}5\ P$. В нашем случае радиус r_3 вполне удовлетворяет этим требованиям.

При очертании этой кривой считаются с тем, что при большем радиусе лед и плавающие тела свободнее проносятся, не задерживаются у плотины, и это до некоторой степени влияет на коэффициент расхода, в сторону его увеличения.

Проведенные исследования вакуумного профиля Ребока Н. П. Розановым, А. А. Абросимовой, Ахутиным, Офицеровым и другими дают такие размеры коэффициента (табл. 3). Все упомянутые выше исследователи рекомендуют к строительству два вида водосливных плотин: безвакуумную Кригера-Офицерова и вакуумную Ребока.

В наших исследованиях плотины проф. № 4 коэффициент вакуумности получается меньше, чем рекомендуется в «Гидротехническом справочнике», а коэффициент расхода больше, чем у Ребока. Применение противовакуумных трубок позволило свести размеры вакуума до минимума (см. таблицу 4). Причем мы теперь можем сказать, что средняя и нижняя части

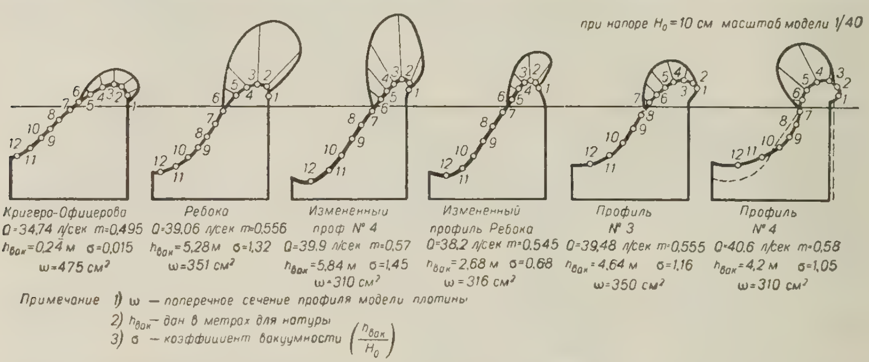


Рис. 5. Эпюры размеров и распределения вакуума на профилях плотин, испытанных в гидравлической лаборатории УСХА при напоре H_0—10 *см* (масштаб модели $^1/_{40}$).

сливной поверхности водослива не обязательно должны строиться по форме свободно падающей струи.

Таблица 4

H = 10 *см*, M = 1 : 40

Показчики	Профиль плотины				
	Кригера-офицерсва	Ребока	№ 3	№ 4 без противовакуумных трубок	№ 4 с противовакуумными трубками
Расход Q (*л/сек*)	34,74	39,06	39,48	40,60	39,50
Коэффициент расхода m	0,495	0,558	0,565	0,582	0,565
Наибольший вакуум $h_{вак}$ (в *мм*) . . .	6	132	66	105	30
Коэффициент вакуумности σ	0,60	1,32	0,66	1,05	0,30
Площадь поперечного сечения плотины (в *см*²)	475	351	350	340	340

Это обстоятельство дает возможность значительно улучшить нижнюю часть сливной поверхности плотины и тем самым обеспечить ее от разрушительного действия при прохождении льда и плавающих предметов. На всех испытуемых нами вакуумных профилях плотин изменения вакуума и коэффициент расхода происходят лишь в пределах оголовка до определенной его высоты (рис. 5). Нижняя часть профиля плотины никакого влияния не производит на формирование вакуума и на коэффициент расхода. Изменение очертания нижней части профиля плотины может только влиять на улучшение прохождения льда и плавающих предметов.

Проведенными в гидравлической лаборатории УСХА опытами установлено, что на эпюру распределения на профиле и на величину коэффициента расхода влияет все очертание оголовка в целом, и поэтому все

изменения во входной части профиля, всевозможные скосы, устройство горизонтального участка на гребне и проч., которые довольно часто применяются проектировщиками, безусловно, оказывают существенное влияние на указанные выше характеристики, обычно ухудшая последние в плотинах и безвакуумного профиля.

ВЫВОДЫ

Из приведенной таблицы 3 и рис. 5 видно, что предложенный автором ранее профиль вакуумной водосливной плотины № 3 дает такие же результаты, как профиль плотины Ребока (вакуумный), поэтому профиль № 3 может быть рекомендован к производству при напорах, не превышающих отношения $\frac{H_0}{P} = 0{,}4$ (где H_0 — напор, а P — высота плотины). Профиль № 3 имеет то преимущество, что при увеличении напора увеличение вакуума растет не так быстро, как на профиле Ребока. Что же касается плотины профиля № 4, то он из всех испытуемых профилей дал наилучшие показатели. Здесь и размер вакуума меньше, чем на других профилях, и коэффициент расхода «*m*» больший, и поперечное сечение профиля меньше других. Из таблицы 3 видно, что при напорах переливающегося слоя в натуре до 4 *м* и более можно дать этому профилю преимущество перед другими профилями и при этом будет получена экономия, превышающая 10% стоимости сооружения вакуумной плотины (Ребока) и на 25—30% экономии по сравнению с профилем безвакуумной плотины Кригера-Офицерова. Применение же противовакуумных трубок на плотине профиля № 4 дает основание считать возможным внедрить этот профиль не только на открытых водосливных плотинах, но также и в случаях смешанного типа плотины, т. е. при наличии щитов и бычков.

Из приведенного рис. 5 видно, что распространение зоны вакуума во всех профилях доходит до определенной высоты от гребня оголовка, не опускаясь ниже контрольной линии. Это обстоятельство еще раз подтверждает наши предложения, что только форма оголовка вакуумной водосливной плотины влияет на размер и форму распространения зоны вакуума и на коэффициент расхода. Такая зависимость распространения вакуума установлена впервые нами при иссследовании многочисленных профилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Розанов, Вакуумные водосливные плотины, Стройиздат, 1940.

2. Д. Е. Мельниченко, Рациональный профиль водосливной вакуумной плотины среднего и малого напора, Научные труды Украинской сельскохозяйственной академии, т. VIII, 1956.

3. La Houille Blanche № 2, 1952, april. Revue de l'Ingenieur Hydrau licien Ing. R. Maitre.

4. С. А. Егоров, Экономическое проектирование водосливных плотин, «Гидротехническое строительство», № 3—4, 1939.

5. С. А. Егоров, Рациональный вакуумный профиль водосливных плотин, «Гидротехническое строительство», № 9, 1934.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. В. ЛАВРЕНТЬЕВ,
кандидат технических наук

ВЛИЯНИЕ УКЛОНА ДНА ПОДМОСТОВОГО РУСЛА НА ФОРМУ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОТОКА

В специальной технической литературе [1, 2] рекомендуется при гидравлическом расчете малых мостов принимать расчетную схему, в которой глубина воды в сооружении устанавливается равной критической глубине.

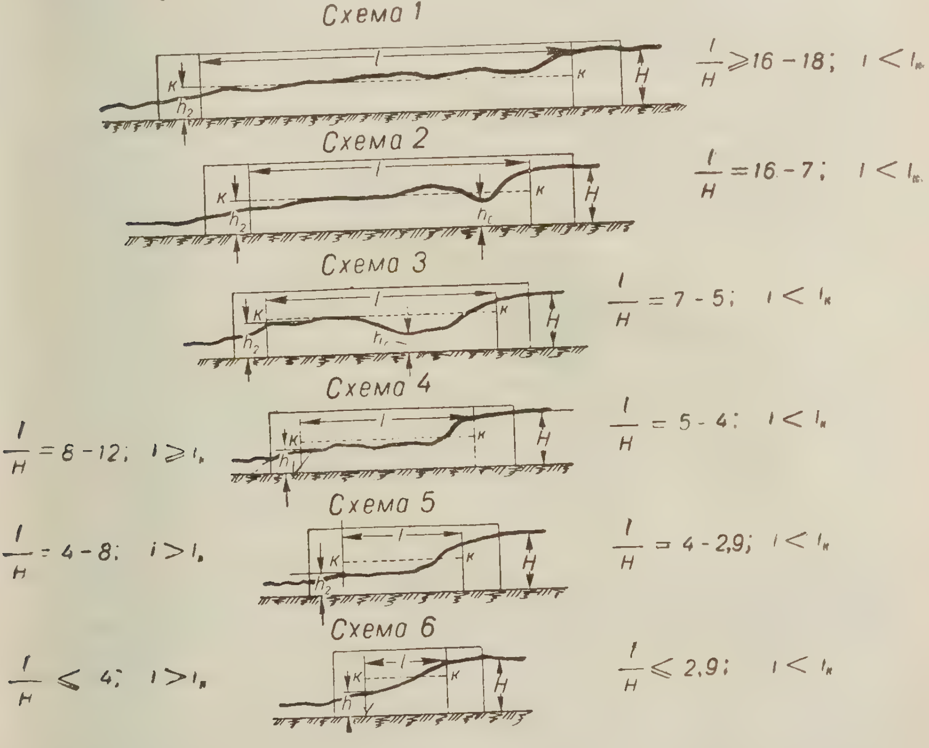


Рис. 1. Влияние значения $\frac{l}{H}$ и уклона дна на форму свободной поверхности потока, протекающего в подмостовом русле.

Современные исследования показывают, что такое представление о движении воды в подмостовых руслах не соответствует действительному состоянию потока, протекающему в сооружении.

Подробные исследования условий движения потока по горизонтальному и наклонному подмостовым руслам, проведенные в гидравлической лаборатории УСХА, предоставили возможность разделить все формы свободной поверхности потока на две группы.

Первая группа — кривые свободной поверхности потока, возникающие при движении воды по подмостовому руслу с уклоном дна меньше критического ($i < ik$).

Вторая группа — кривые свободной поверхности потока, которые образуются при движении воды по наклонному подмостовому руслу с уклоном дна больше критического уклона ($i > ik$).

Исследования условий движения потока в подмостовом русле с уклоном дна $i < ik$ дали возможность установить, что форма свободной поверхности потока может быть представлена шестью схемами (рис. 1) в зависимости от величины отношения длины подмостового русла к глубине воды перед сооружением $\frac{l}{H_в}$, а также утверждать, что форма свободной поверхности потока и глубина воды в исходных сечениях [3] зависит от условий входа потока в сооружение и уклона дна подмостового русла.

Представленные на рис. 1 схемы протекания потока в подмостовом русле рекомендуются нами как расчетные схемы для гидравлического расчета малых мостов с длиной подмостового русла 8—20 *м* при уклонах дна подмостового русла от 0 до 0,035 и степенью сжатия потока в плане 0,125—0,500.

Как видно из представленных расчетных схем, они значительно отличаются от рекомендуемой расчетной схемы движения потока в сооружении при свободном протекании воды под мостом.

Исследования показывают, что глубины воды в исходных сечениях — сечения НС, С—С и 2—2 — соответствуют следующим значениям:

Таблица

Схема движения потока	Глубина воды в исходных сечениях		
	НС	С — С	2—2
1	(1,86—1,69) $hк$	—	(0,92—0,95) $hк$
2	(1,69—1,66) $hк$	(0,85—0,90) $hк$	(0,88—0,92) $hк$
3	(1,66—1,69) $hк$	(0,79—0,83) $hк$	(0,90—0,94) $hк$
4	(1,63—1,66) $hк$	(0,92—0,95) $hк$	(0,90—0,95) $hк$
5	(0,60—0,63) $hк$	(0,85—0,90) $hк$	(0,70—0,76) $hк$
6	(0,58—0,60) $hк$	—	(0,66—0,70) $hк$

Анализ приведенной таблицы показывает, что только в одном случае (при протекании потока по схеме 4) глубина воды в сооружении близка к критической глубине. Во всех же других случаях протекания потока в сооружении глубина воды значительно ниже критической глубины.

Значительные изменения глубины потока в исходных сечениях происходят с увеличением уклона дна подмостового русла, когда $i > ik$. С увеличением уклона дна подмостового русла от ik до $i > ik$ движение потока в сооружении происходит только по схемам 4,5 и 6.

Глубины воды в исходных сечениях меняются с изменением уклона дна подмостового русла.

На графике (рис. 2) представлены зависимости $\frac{h_2}{hk} = \varphi(i)$ и $\frac{Hb}{hk} = \varphi(i)$, анализ которых дает возможность утверждать, что при $i > ik$ за расчет-

ное сечение при гидравлическом расчете малых мостов необходимо принимать сечение перед низовым перепадом.

Значение глубин воды в исходных сечениях может быть получено и теоретическими предпосылками при решении уравнений энергии для потоков, протекающих по дну с $i = 0$ и $i > i\kappa$, в результате чего получим:

$$Б = \frac{П_{ki} + 2(1 + A \cdot i)}{2 + П_{ko}} \quad (1),$$

где:

$$Б = \frac{H_{bo}}{H_{bi}} = \frac{V_i}{V_0},$$

$$A = \frac{l}{H_{bi}},$$

$П_{\kappa i}$, $П_{\kappa o}$ — параметры кинетичности потока в сечениях *НС* при горизонтальном и наклонном подмостовых руслах.

Проведенные исследования подтвердили наши предпосылки о значительном влиянии уклона дна подмостового русла на глубины и средние скорости потока в исходных сечениях.

Правильное определение глубин потоков в исходных сечениях дает возможность определить тип укрепления подмостового русла, т. к. расчетные средние скорости движения потока в сооружении в значительной степени зависят от правильного выбора расчетных схем при гидравлическом расчете малых искусственных сооружений.

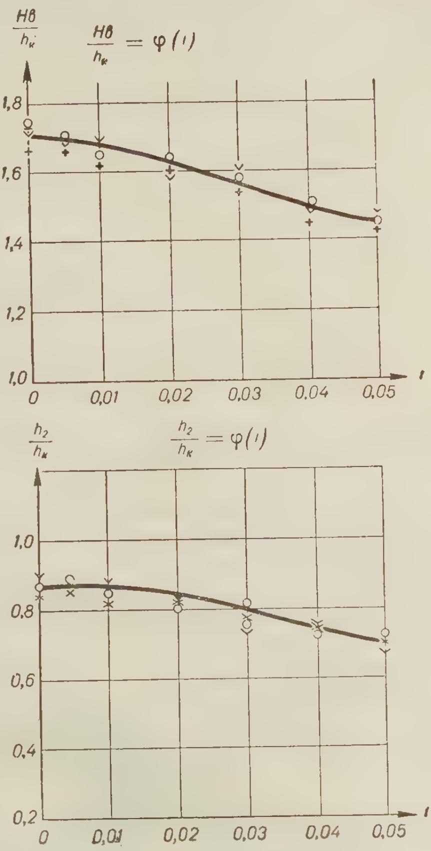


Рис. 2. Изменения относительных глубин воды в исходных сечениях с изменением уклона дна русла.

ВЫВОДЫ

Исследование условий движения потока в подмостовом русле дало возможность установить расчетные схемы для гидравлического расчета малых искусственных сооружений, а также найти зависимости изменения гидравлических и геометрических элементов потока с изменением уклона дна подмостового русла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник дорожника, Гостехиздат УССР, 1949.

2. Краткий справочник по малым мостам и трубам, изд. дор. тех. лит-ры Гушосдора МПС, Москва 1953.

3. Сухомел Г. И. Вопросы гидравлики в открытых руслах и сооружениях, АН УССР, 1949.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Б. Л. КОСТИН,
кандидат технических наук, доцент

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПЛАНЕТАРНЫХ РЕДУКТОРОВ
(Графический метод)

Планетарные зубчатые механизмы (редукторы) последнее время получают все более широкое признание в силу их существенных преимуществ перед обычными редукторами.

Такие важные характеристики, как механический КПД, габариты, вес, число схем использования, у планетарных редукторов значительно превосходят аналогичные показатели обычных зубчатых редукторов. Однако внедрение их в конструкторскую практику затрудняется отсутствием описания в литературе инженерных методов их проектирования, доступных широким массам конструкторов.

В вузовской учебной литературе также отсутствуют такие сведения.

Известные аналитические методы в недостаточной степени удовлетворяют этой цели, т. к. не раскрывают наглядно процесса синтеза.

Нами подробно рассмотрены вопросы кинематического синтеза (геометрическим методом) трехколесных и четырехколесных планетарных редукторов.

Этот метод является распространением приемов графического анализа на решение задач синтеза. Методы графического исследования планетарных механизмов, впервые примененные в СССР в 1920 г. проф. Л. П. Смирновым, как известно, базируются на построении т. н. треугольников скоростей и планов чисел оборотов. Известны также работы Куцбаха, Кудрявцева, Решетова, посвященные синтезу планетарных механизмов.

Задача графического синтеза в известной мере обратна задаче анализа, однако это не механическое повторение в обратной последовательности приемов графического исследования. Здесь встречаются такие моменты, как вариантность решения, необходимость назначения некоторых параметров редуктора и т. п.

Рассмотрим вопросы кинематического синтеза трехколесного планетарного редуктора. Его кинематическая схема изображена на рис. 1. Колеса *1* и *3* — соосные центральные колеса; их ось неподвижна. Колесо *2* — планетарное колесо (сателлит), оно вращается вокруг подвижной оси водила *H*.

У планетарного редуктора с одной степенью подвижности одно из центральных колес неподвижно. Следовательно, уже возможны две различные схемы использования редуктора. Кроме того, можно представить себе в каждой из этих схем прямую и обратную передачу. Таким образом, планетарный редуктор с одной степенью подвижности может иметь четыре

различных схемы использования в то время, как обычные зубчатые редукторы могут быть использованы лишь в прямой и обратной передаче, т. е. имеют всего две схемы использования.

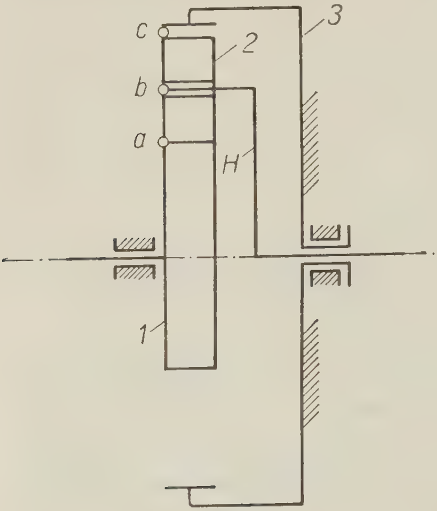


Рис. 1. Кинематическая схема трехколесного планетарного редуктора.

Исходным при кинематическом проектировании (синтезе) являются передаточное отношение или, что более конкретно, числа оборотов на входе и на выходе редуктора.

Пусть нами избрана схема, в которой центральное колесо *3* неподвижно, а число оборотов колеса *1* и водила *H* соответственно n_1 и $n_н$.

Проектирование начинаем с построения плана чисел оборотов (рис. 2 *а*), где:

P — полюс плана,
SP — полюсное расстояние, определяющее масштаб плана,
SH, *S1* — отрезки, изображающие в масштабе μ_n числа оборотов в минуту ($n_н$ и n_1).

Второй этап (рис. 2 *б*) состоит в построении треугольника скоростей первого колеса. С этой целью задаются произвольным отрезком *Oa*, изображающим в некотором масштабе радиус колеса *1*. Треугольник *Oaa′* — есть треугольник скоростей первого колеса, т. к. луч *1* (*o*-*a′*) проведен параллельно лучу *P1*.

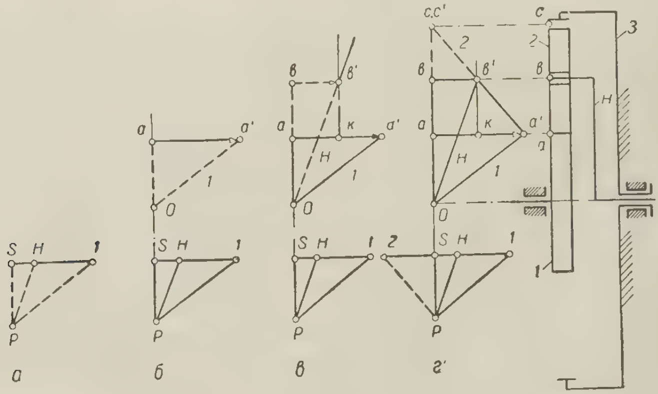


Рис. 2. Кинематический синтез трехколесного планетарного редуктора.

Третий этап (рис. 2 *в*) состоит в выяснении радиуса водила. Имея в виду, что линейная скорость центра сателлита в два раза меньше линейной скорости подвижного колеса (что имеет место всегда при втором неподвижном центральном колесе), делим отрезок *a*-*a′* пополам и из точки деления *к* восстанавливаем перпендикуляр, затем через точку *O* проводим луч

H параллельно лучу PH до пересечения с перпендикуляром. Точка пересечения b' позволяет построить вектор скорости точки b водила H в том же масштабе, что и вектор скорости точки a первого колеса.

Четвертый этап — завершающий построение треугольников скоростей колес редуктора (рис. 2 г). Проводя луч через точки a' и b', мы находим точку c,c', которая представляет собой мгновенный центр скоростей сателлита 2. Луч $c'b'a'$ определяет треугольник скоростей $ca'a$ сателлита 2, а отрезок $S2$ — число оборотов его.

Как видим, здесь возможно лишь одно решение.

По построенным треугольникам скоростей (картине скоростей) можно легко воспроизвести и кинематическую схему механизма, что и составляет содержание пятого этапа проектирования (рис. 2).

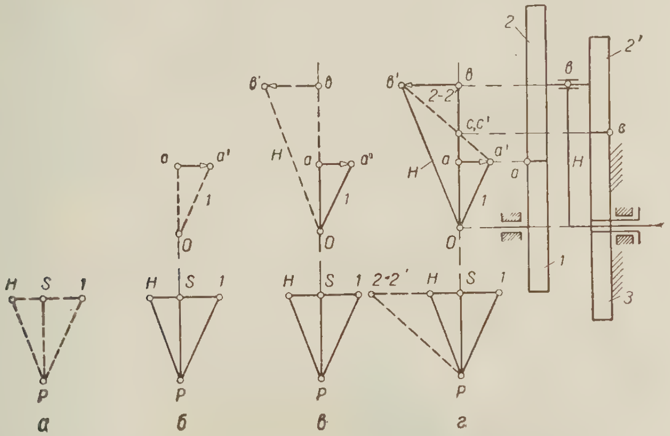


Рис. 3. Кинематический синтез четырехколесного планетарного редуктора.

Полученная схема позволит вычислить числа зубцов колес. Для этого надо задаться числом зубцов одного из колес, лучше всего наименьшего. Числа зубцов остальных двух будут пропорциональны диаметрам или радиусам, измеренным по схеме рис. 2.

Может случиться, что числа зубцов остальных двух колес не будут являться целыми числами. В этом случае надо эти числа округлить до целых, соблюдая лишь условие соосности, которое для рассматриваемой схемы описывается соотношением $\frac{z_1}{2} + z_2 = \frac{z_3}{2}$, что легко установить из чертежа (рис. 2).

Можно варьировать так же числом зубцов, назначаемым для первого колеса.

Число сателлитов, которое можно разместить по окружности радиуса водила H, легко определяется, исходя из условия т. н. «соседства», сводящегося к габаритным требованиям. Ясно, что соседние сателлиты не должны касаться друг друга.

Подобная методика графического синтеза может быть использована и при проектировании более сложных схем, которые потребуют некоторых дополнений приемов графического синтеза.

Так, например, при кинематическом проектировании четырехколесного планетарного редуктора с блоком из двух сателлитов мы встречаемся с возможностью выбора варианта решения.

На рис. 3 приведены этапы синтеза четырехколесного редуктора.

Исходным в рассматриваемом примере является число оборотов на входе редуктора n_1 и выходе $n_н$.

Здесь так же, как и при синтезе трехколесного редуктора, начинаем с построения плана чисел оборотов (рис. 3 *а*). Затем строим треугольник скоростей центрального колеса *1*, задаваясь его радиусом *о—а* (рис. 3 *б*). Далее (рис. 3 *в*) строится треугольник скоростей водила *H*. Заметим, что здесь нам пришлось выбрать два параметра-радиусы *оа* и *оb*. Треугольник скоростей сателлитов *2—2'* образуется лучом, проходящим через концы векторов скоростей точек *a'* и *b'*. Пересечение этого луча с вертикалью *оа* дает нам точку, *с,с'* представляющую собой мгновенный центр скоростей блока сателлитов *2—2'* (рис. 3 *г*).

Построенные таким образом треугольники скоростей (картина скоростей) позволяют в дальнейшем построить кинематическую схему планетарного редуктора.

Применяя такой метод, можно решить задачу синтеза и для более сложных схем, которые предварительно следует расчленить на части (основные схемы), подобные рассмотренным нами.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

И. П. БЕРДИНСКИХ

ОДНОСТОРОННИЙ КОНТАКТНЫЙ НАГРЕВ СКЛЕИВАЕМОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Для одностороннего контактного нагрева склеиваемой древесины часто применяются прессы с одной горячей плитой, вторая плита пресса имеет комнатную температуру или же укладывается контактный электронагреватель только с одной стороны склеиваемой детали, вторая сторона детали не подогревается.

Для нахождения распределения температуры в склеиваемом пакете при его нагреве необходимо иметь дифференциальное уравнение теплопроводности, которое дает зависимость между температурой, временем и координатами для элементарного объема. Длина и ширина склеиваемого пакета по отношению к его толщине значительная, и тепло в пакете распространяется перпендикулярно к поверхности пакета, поэтому в склеиваемом пакете возникает одномерное нестационарное температурное поле.

При одномерном нестационарном температурном поле температура изменяется не только по направлению, перпендикулярному к плоскости склеиваемого пакета, но и с течением времени, т. е. температура в пакете есть функция пространства и времени.

$$u = f(x, t) \qquad (1).$$

При разработке теоретических основ нагрева склеиваемой древесины необходимо помнить, что склеиваемый пакет, составленный из различного количества слоев древесины и клеевых прослоек, представляет собой сложное капиллярно-пористое коллоидное тело с влажностью 6—18%. При нагреве такого тела в нем происходит тепло- и массообмен.

При наличии тепло- и массообмена основной закон теплопроводности имеет вид

$$q = -\lambda \Delta t + Ii \qquad (2),$$

где: q — плотность потока тепла;
λ — коэффициент теплопроводности;
Δt — градиент температуры;
I — удельное теплосодержание вещества, переносимого внутри тела;
i — суммарный поток вещества.

Тогда как классический закон теплопроводности без учета массообмена имеет вид

$$q = -\lambda \Delta t \qquad (3).$$

Уравнение (2) отличается от уравнения (3) наличием дополнительных членов, которые учитывают перенос вещества, вызванный градиентами температуры и массосодержания.

Перенос тепла и вещества во влажном теле зависит от формы связи жидкости с телом. Поэтому рассмотрение явлений переноса необходимо увязывать с коллоидно-физическими и физико-химическими свойствами тела.

При влажности древесины в пределах 6—18% перенос вещества происходит в основном в виде пара, т. е. в склеиваемом пакете должно быть фазовое (агрегатное) превращение поглощенного вещества (влаги).

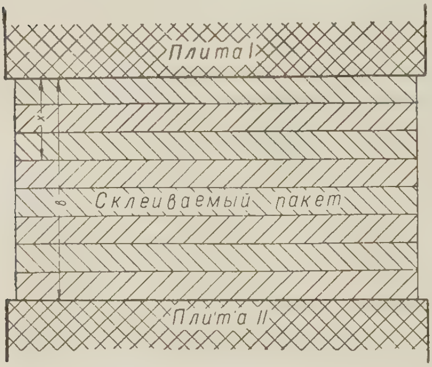


Рис. 1. Схема нагрева склеиваемого пакета в прессах с односторонним контактным нагревом.

Учитывая, что древесина с влажностью 6—18% имеет критерий Лыкова $Lu \cong 0{,}007$, то распространение вещества отстает от распространения тепла, поэтому в нагреваемом склеиваемом пакете явлением термовлагопроводности можно пренебречь и для определения скорости нагрева применить классический закон теплопроводности [1].

Будем считать материал склеиваемого пакета однородным, в котором при нагревании не происходит изменения агрегатного состояния, а термические коэффициенты независимыми от удельного давления и температуры.

Тогда для одномерного нестационарного температурного поля при контактном нагреве склеиваемого пакета дифференциальное уравнение теплопроводности имеет следующий вид

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \qquad (4).$$

Склеиваемый пакет находится между плитами I и II (рис. 1). Предположим, что плита I имеет температуру τ_1, а плита II температуру τ_2. При решении уравнения (4) примем следующие граничные и начальные условия:

При $x = 0$; $u = \tau_1$ для всех значений t,
« $x = b$; $u = \tau_2$ » » » t и
« $t = 0$; $u = u_0$, где $u_0 = \text{const}$.

Для решения дифференциального уравнения (4) нужно найти функцию, удовлетворяющую данному дифференциальному уравнению и принятым граничным и начальным условиям.

Рассмотрим функцию

$$w(x,\ t) = \frac{u(x,\ t) - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} - \frac{x}{b}.$$

Эта функция является решением дифференциального уравнения в той же мере, что и функция $u(x, t)$.

Действительно

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{1}{\tau_2 - \tau_1}\cdot\frac{\partial u}{\partial t}.$$

Из уравнения (4) видим, что

$$\frac{\partial w}{dt} = \frac{1}{\tau_2 - \tau_1} \cdot \frac{\partial u}{dt} = \frac{a}{\tau_2 - \tau_1} \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = a \frac{\partial^2 w}{\partial x^2},$$

то есть

$$\frac{\partial w}{\partial t} = a \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \qquad (5).$$

Вместо того чтобы решать уравнение для функции $u(x, t)$, можно решить уравнение для функции $w(x, t)$, которое удовлетворяет более простым граничным и начальным условиям.

При $x = 0$; $w = 0$ для всех значений t,

« $x = b$; $w = 0$ » » » t и

« $t = 0$; $w = \frac{u_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} - \frac{x}{b}$.

Будем искать w в виде

$$w(x, t) = T(t) \cdot X(x).$$

Подставив значение $w(x, t)$ из предыдущего выражения в уравнение (5), получим

$$X \frac{dT}{dt} = aT \frac{d^2 X}{dx^2}$$

или

$$\frac{dT/dt}{aT} = \frac{d^2X/dx^2}{X} \qquad (6).$$

Как видно из предыдущего, что T есть функция одного t, а X одного x, а так как t и x являются независимыми переменными, то уравнение (6) может удовлетворяться только тогда, когда каждая часть уравнения будет постоянной величиной, поэтому можно написать

$$\frac{dT/dt}{aT} = \frac{d^2X/dx^2}{X} = -m^2 \qquad (7),$$

где m — неизвестная постоянная.

Таким образом получаем

$$\frac{dT}{at} + m^2 aT = 0 \qquad (7, а),$$

$$\frac{d^2X}{dx^2} + m^2 X = 0 \qquad (7, б).$$

Уравнение (7,а) преобразуем следующим образом

$$\frac{dT}{dt} = -m^2 aT \quad \text{или} \quad \frac{dT}{T} = -m^2 a \cdot dt.$$

Проинтегрируем обе части этого уравнения

$$\int \frac{dT}{T} = -m^2 a \int dt + C_1 \quad \text{или} \quad \ln T = -m^2 at + C_1.$$

Откуда

$$T = C \cdot e^{-m^2 at}.$$

Функция X определяется из линейного уравнения второго порядка

$$X = A \cdot \cos mx + B \sin mx.$$

Перемножив T и X, а также полагая $CA = M$, а $CB = N$, получим следующее частное решение уравнения (5):

$$w = e^{-m^2 at} (M \cos mx + N \sin mx) \qquad (8).$$

Для определения M и N используем граничные условия:

1. При граничном условии $x = 0$, имеем $0 = e^{-m^2at} M$, так как $e^{-m^2at} \neq 0$, то следовательно $M = 0$.

2. При граничном условии $x = b$ получим

$$0 = e^{-m^2at} \cdot N \sin mb.$$

Это равенство справедливо либо при $N = 0$, либо при $\sin mb = 0$ Но N не может равняться нулю, так как в этом случае w тождественно равнялось бы нулю ($w \equiv 0$), что невозможно. Остается, что $\sin mb = 0$, отсюда $mb = n\pi$ или $m = \frac{n\pi}{b}$, где $n = 0; \pm 1; \pm 2; \pm 3$ и т. д.

Получаем множество решений, сумма их также будет решением

$$w = \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\frac{n^2a\pi^2t}{b^2}} \cdot N(n) \cdot \sin\frac{n\pi x}{b} \quad (9).$$

Выбираем $N(n)$ таким, чтобы удовлетворить начальному условию. При $t = 0$ имеем $\frac{u_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} - \frac{x}{b} = \sum\limits_{n=1}^{\infty} N(n) \cdot \sin\frac{n\pi x}{b}$.

Функция, стоящая слева в последнем выражении, представлена тригонометрическим рядом (рядом Фурье), где $N(n)$ — коэффициент Фурье, который находится по следующей формуле

$$N(n) = \frac{2}{b}\int_0^b \left[\frac{u_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} - \frac{x}{b}\right] \cdot \sin\frac{n\pi x}{b}\,dx =$$

$$= \frac{2}{b}\left(\frac{u_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1}\right)\int_0^b \sin\frac{n\pi x}{b}\,dx - \frac{2}{b^2}\int_0^b x\sin\frac{n\pi x}{b}\,dx.$$

Решая предыдущее уравнение, получим:

$$N(n) = \frac{2}{n\pi}\left(\frac{u_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1}\right)[1 - (-1)^n] + \frac{2}{\pi}\frac{(-1)^n}{n}.$$

Подставляя значение $N(n)$ в уравнение (9), получим:

$$w = \frac{2}{\pi}\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{n}\left\{\frac{u_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1}[1 - (-1)^n] + (-1)^n\right\} e^{-\frac{n^2a\pi^2t}{b^2}} \cdot \sin\frac{n\pi x}{b}$$

или

$$w = \frac{4}{\pi}\,\frac{u_0 - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1}\sum_{m=0}^{\infty}\frac{e^{-\frac{(2m+1)^2a\pi^2t}{b^2}}}{2m+1} \cdot \sin\frac{(2m+1)\pi x}{b} +$$

$$+ \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n} e^{-\frac{n^2a\pi^2t}{b^2}} \cdot \sin\frac{n\pi x}{b}.$$

Так как

$$w = \frac{u - \tau_1}{\tau_2 - \tau_1} - \frac{x}{b},$$

то

$$u = \tau_1 + (\tau_2 - \tau_1)\frac{x}{b} + (\tau_2 - \tau_1)\,w.$$

Следовательно:

$$u = \tau_1 + (\tau_2 - \tau_1)\frac{x}{b} + \frac{4}{\pi}(u_0 - \tau_1)\sum_{m=0}^{\infty}\frac{e^{-\frac{(2m+1)^2 a\pi^2 t}{b^2}}}{2m+1}\cdot\sin\frac{(2m+1)\pi x}{b} +$$

$$+ \frac{2}{\pi}(\tau_2 - \tau_1)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}e^{-\frac{n^2 a\pi^2 t}{b^2}}\cdot\sin\frac{n\pi x}{b}.$$

Наконец,

$$u = \tau_1 + (\tau_2 - \tau_1)\left[\frac{x}{b} + \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n}{n}e^{-\frac{n^2 a\pi^2 t}{b^2}}\cdot\sin\frac{n\pi x}{b}\right] +$$

$$+ \frac{4}{\pi}(u_0 - \tau_1)\sum_{m=0}^{\infty}\frac{e^{-\frac{(2m+1)^2 a\pi^2 t}{b^2}}}{2m+1}\cdot\sin\frac{(2m+1)\pi x}{b}.$$

Развернув предыдущее уравнение и сделав в нем следующую замену $\tau_1 = u_п$ и $\tau_2 = u_0$, получим:

$$u = u_п - (u_п - u_0)\left[\frac{x}{b} + \frac{2}{\pi}\left(e^{-\frac{a\pi^2 t}{b^2}}\sin\frac{\pi x}{в} + \frac{1}{2}e^{-\frac{4a\pi^2 t}{b^2}}\sin\frac{2\pi x}{в} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{1}{3}e^{-\frac{9a\pi^2 t}{b^2}}\cdot\sin\frac{3\pi x}{b} + \ldots\right)\right]. \qquad (10).$$

Выразив продолжительность нагрева в минутах, получим следующее выражение для распределения температуры по сечению склеиваемого пакета.

$$u = u_п - (u_п - u_0)\left[\frac{x}{b} + \frac{2}{\pi}\left(e^{-591{,}6\frac{aT}{b^2}}\sin\frac{\pi x}{b} + \frac{1}{2}e^{-4\left(591{,}6\frac{aT}{b^2}\right)}\cdot\sin\frac{2\pi x}{в} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{1}{3}e^{-9\left(591{,}6\frac{aT}{b^2}\right)}\cdot\sin\frac{3\pi x}{b} + \ldots\right)\right] \qquad (11),$$

где: u — температура склеиваемого пакета;
$u_п$ — температура горячей плиты пресса;
u_0 — начальная температура древесины, равная температуре холодной плиты;
e — основание натуральных логарифмов;
a — коэффициент температуропроводности, *см²/сек*;
T — продолжительность нагрева, мин.;
b — толщина склеиваемого пакета, *см*;
x — расстояние от горячей плиты пресса, *см*.

По уравнению (11) нами разработаны графоаналитический и графический методы решения задач контактного нагрева склеиваемого пакета.

ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД

Для разработки графоаналитического метода решения задач нагрева за исходный склеиваемый пакет был взят пакет толщиной 20 *мм*, имеющий коэффициент температуропроводности $a = 0{,}00129\ \frac{см^2}{сек}$ (древесина бука) и составленный из заготовок толщиной 3 *мм* и более и этот пакет нами назван условным пакетом.

В круглых скобках уравнения (11) быстро сходящийся ряд. Требуется определить, сколько нужно взять членов этого ряда для получения достаточной точности при определении режима нагрева склеиваемого пакета.

Обозначим

$$N = e^{-591,6\frac{aT}{b^2}} \cdot \sin\frac{\pi x}{b} + \frac{1}{2} e^{-4\left(591,6\frac{aT}{b^2}\right)} \cdot \sin\frac{2\pi x}{b} + \frac{1}{3} e^{-9\left(591,6\frac{aT}{b^2}\right)} \cdot \sin\frac{3\pi x}{b} + \ldots$$

Определим величину погрешности N для случая, когда берется m членов, а остальные отбрасываются.

Остаточный член будет

$$R_m = \sum_{i=m}^{\infty} \frac{1}{i+1} e^{-(i+1)591,6\frac{aT}{b^2}} \cdot \sin\frac{(i+1)\pi x}{b},$$

откуда

$$|R_m| \leqslant \sum_{i=m}^{\infty} \frac{1}{i+1} e^{-(i+1)^2 591,6\frac{aT}{b^2}} \left|\sin\frac{(i+1)\pi x}{b}\right| \leqslant \sum_{i=m}^{\infty} \frac{1}{i+1} e^{-(i+1)^2 591,6\frac{aT}{b^2}} \cdot 1 \text{ или}$$

$$|R_m| \leqslant \frac{1}{m+1} e^{-(m+1)^2 591,6\frac{aT}{b^2}} + \frac{1}{m+2} e^{-(m+2)^2 591,6\frac{aT}{b^2}} + \ldots$$

Полагая $e^{-591,6\frac{aT}{b^2}} = q$, где $q < 1$, получим

$$|R_m| \leqslant \frac{1}{m+1} q^{(m+1)^2} + \frac{1}{m+2} q^{(m+2)^2} + \frac{1}{m+3} q^{(m+3)^2} + \ldots \leqslant$$

$$\leqslant \frac{1}{m+1} q^{(m+1)^2} + \frac{1}{m+1} q^{(m+2)^2} + \frac{1}{m+1} q^{(m+3)^2} + \ldots =$$

$$= \frac{1}{m+1} \cdot q^{(m+1)^2} [1 + q^{(m+2)^2-(m+1)^2} + q^{(m+3)^2-(m+1)^2} + \ldots] \leqslant$$

$$< \frac{1}{m+1} q^{(m+1)^2} \{1 + q^{(m+2)^2-(m+1)^2} + q^{2[(m+2)^2-(m+1)^2]} + \ldots\}.$$

В фигурных скобках неравенства геометрическая прогрессия, сумма которой будет

$$\frac{1}{1 - q^{(m+2)^2-(m+1)^2}} \text{ или } \frac{1}{1 - q^{2m+3}}.$$

Таким образом:

$$|R_m| \leqslant \frac{1}{m+1} \cdot \frac{q^{(m+1)^2}}{1 - q^{2m+3}} = \delta N_m.$$

Подставляя в предыдущее уравнение значение $q = e^{-591,6\frac{aT}{b^2}}$, получим

$$\delta N_m = \frac{1}{m+1} \cdot \frac{e^{-(m+1)^2 591,6\frac{aT}{b^2}}}{1 - e^{-(2m+3)591,6\frac{aT}{b^2}}} = \frac{1}{m+1} \cdot \frac{e^{[(2m+3)-(m+1)^2]591,6\frac{aT}{b^2}}}{e^{(2m+3)591,6\frac{aT}{b^2}} - 1}$$

δN_m тогда будет мало, когда выражение в квадратной скобке $[(2m+3) - (m+1)^2]$ будет отрицательно и тогда весь числитель перейдет в знаменатель. Выражение в квадратной скобке будет отрицательным при $m \geqslant 2$; тогда для $m \geqslant 2$ остаток можно записать так:

$$\delta N_m = \frac{1}{(m+1)\left[e^{(2m+3)591,6\frac{aT}{b^2}} - 1\right] e^{(m^2-2)591,6\frac{aT}{b^2}}}.$$

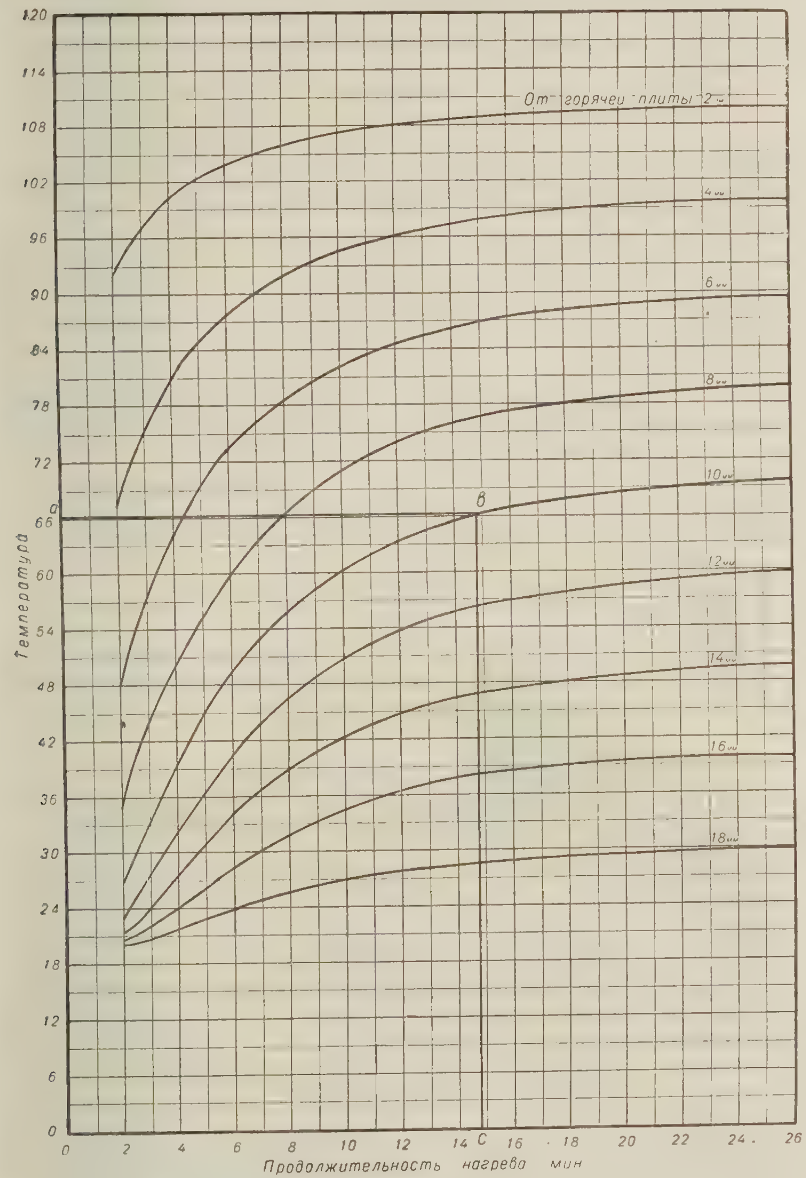


Рис. 2. Распределение температуры по сечению склеиваемого пакета древесины бука толщиной 20 *мм* при начальной температуре древесины и температуре холодной плиты пресса 20° С, температуре горячей плиты пресса 120° С и толщине заготовок, входящих в пакет, 3 *мм* и более.

Или пользуясь довольно грубым равенством $e^{\alpha} \cong 1 + \alpha$(где $e^{\alpha} > 1 + \alpha$), получим оценку для остатка с большим запасом, т. е. фактическая ошибка будет значительно меньше, чем вычисленная по формуле:

$$\delta N < \frac{1}{591{,}6\,(m+1)\,(2m+3)\,\frac{aT}{b^2}\left[1 + 591{,}6\,(m^2-2)\,\frac{aT}{b^2}\right]}.$$

Подсчеты показывают, что при $m = 3$ относительная ошибка не будет превышать 0,1%, поэтому в уравнении (11) берем только три члена бесконечного ряда.

По уравнению (11) с тремя членами бесконечного ряда на рис. 2 построен график распределения температуры по сечению условного склеиваемого пакета.

График, приведенный на рис. 2, непосредственно применим только для указанной породы, конструкции пакета и условий нагрева, для которых он построен.

Но этим же графиком можно пользоваться для определения температуры нагрева другой конструкции склеиваемого пакета и иных условий нагрева, вводя следующие поправочные коэффициенты:

1) коэффициент толщины пакета $\kappa_{m.n.}$;
2) коэффициент породы древесины $\kappa_{n.\partial.}$;
3) коэффициент толщины заготовок, входящих в склеиваемый пакет $\kappa_{m.з.}$;
4) коэффициент температуры нагрева $\kappa_{u.}$;
5) коэффициент на условия нагрева.

1. Коэффициент толщины пакета

Продолжительность нагрева склеиваемого пакета пропорциональна квадрату его толщины и поэтому

$$k_{m.n.} = 0{,}25b^2.$$

2. Коэффициент породы древесины

Влияние физических свойств древесины на скорость ее нагрева учитывается коэффициентом температуропроводности.

Коэффициент породы древесины $\kappa_{n.\partial.}$ есть отношение коэффициента температуропроводности древесины бука $\left(a = 0{,}00129\,\frac{см^2}{сек}\right)$ к коэффициенту температуропроводности той древесины, для которой определяется продолжительность нагрева.

Если в пакет входят несколько древесных пород, то для определения $\kappa_{n.\partial.}$ следует брать средневзвешенный коэффициент температуропроводности склеиваемого пакета.

3. Коэффициент толщины заготовок, входящих в склеиваемый пакет

С уменьшением толщины заготовок, входящих в многослойный склеиваемый пакет, увеличивается количество клеевых швов, приходящихся на единицу толщины пакета, вследствие чего происходит некоторое увлажнение древесины пакета за счет влаги, вносимой с клеем. С увеличением же влажности древесины и наличия клеевых швов, которые имеют более низкий коэффициент температуропроводности, чем древесина, коэффициент температуропроводности пакета в целом уменьшается и, следовательно, чем больше будет суммарная толщина клеевых швов на единицу толщины пакета, тем требуется большая продолжительность нагрева пакета до по-

лучения заданной температуры. Было замечено, что уменьшение скорости нагрева склеиваемого пакета происходит при толщине заготовок менее 3 *мм*. При толщине заготовок более 3 *мм* влияние толщины заготовок, входящих в пакет, на скорость нагрева пакета обнаружено не было.

Нами рекомендуются следующие поправочные коэффициенты на толщину заготовок.

Толщина заготовок (в *мм*) 3,0; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0; и 0,5.
$\kappa_{m.\,з.}$ 1,0; 1,05; 1,10; 1,15; 1,22 и 1,35

4. Коэффициент температуры нагрева κ_u

При нагреве пакета до температуры выше точки кипения воды, часть влаги, находящейся в древесине, испаряется, на что расходуется тепло и фактическая температура древесины будет несколько ниже теоретически вычисленной. Влияние испарения влаги на скорость нагрева древесины при температуре выше точки кипения воды зависит от влажности древесины, толщины слоя (заготовки), входящего в пакет, сопротивления древесины продвижению влаги и температуры нагрева древесины. Это влияние проявляется сильнее у краев пакета и в пакетах малой площади. Оно менее выражено в центре многослойных пакетов значительной площади, откуда выход влаги затруднен.

В таблице 1 приведены рекомендуемые нами поправочные коэффициенты на испарение влаги для древесины сосны и дуба влажностью 8—14%.

Таблица 1

Поправочные коэффициенты на испарение влаги при нагреве склеиваемого пакета свыше 100°

Интервалы температур (в градусах)	Поправочный коэффициент на испарение влаги для	
	сосны	дуба
100—110	0,92	0,89
111—120	0,90	0,86
121—130	0,88	0,83
131—140	0,86	0,79
141—150	0,83	—

Следовательно, если древесина нагревается выше 100°, то фактическая температура древесины будет равна температуре, найденной на графике и умноженной на поправочный коэффициент, взятый из таблицы 1.

5. Коэффициент на условия нагрева

Если условия нагрева не совпадают с теми, которые приняты для построения графика (рис. 2), то соответствующую температуру древесины при иных условиях нагрева можно определить по графику, приведенному на рис. 3, или по формуле

$$u_x = u_b - 0{,}01\,(120 - u)\,(u_b - u_a) \qquad (12)$$

где: u_x — температура древесины на любом расстоянии от поверхности пакета при условиях нагрева, отличных от принятых для построения графика (рис. 2);

u — температура древесины, найденная по графику (рис. 2);

u_b — температура горячей плиты пресса;

u_a — начальная температура древесины.

Для уяснения предложенного метода определения режима нагрева склеиваемого пакета произведем решение следующего примера.

Требуется определить продолжительность нагрева в прессах с одно-

сторонним подогревом склеиваемого пакета толщиной 50 *мм* до температуры в центре пакета 80°. Пакет составлен из древесины бука влажностью 8—12% с коэффициентом температуропроводности $a = 0{,}00129\ \frac{см^2}{сек}$. Начальная температура древесины и температура холодной плиты пресса 20°, температура горячей плиты пресса 150°.

Решение. 1. Находим поправочный коэффициент на толщину пакета

$$k_{т.п.} = 0{,}25\,b^2 = 0{,}25 \cdot 5^2 = 6{,}25.$$

2. Находим поправочный коэффициент на породу древесины

$$k_{п\cdot д.} = \frac{0{,}00129}{a} = 1{,}0.$$

3. Находим пропорциональное расстояние x для пакета толщиной 20 *мм*, соответствующее $x_b = 25$ *мм* при толщине пакета 50 *мм*

$$x = \frac{20}{b} \cdot x_b = \frac{20 \cdot 25}{50} = 10\ мм.$$

4. Определяем по преобразованной формуле (12) или графику (рис. 3) температуру u, которая в данном случае является температурой, получаемой за тоже время на расстоянии $x = 10$ *мм* от поверхности пакета толщиной 20 *мм* при $u_0 = 20°$ и $u_n = 120°$, что и температура $u_x = 80°$, полученная на том же расстоянии от поверхности, но при $u_a = 20°$ и $u_b = 150°$

$$u = \frac{u_x + 0{,}2u_b - 1{,}2u_a}{0{,}01\,(u_b - u_a)} = \frac{80 + 0{,}2 \cdot 150 - 1{,}2 \cdot 20}{0{,}01\,(150 - 20)} = 66{,}2°.$$

5. По графику, приведенному на рис. 2, находим продолжительность нагрева T для получения температуры 66,2° на расстоянии $x = 10$ *мм* от поверхности пакета толщиной 20 *мм*.

Найденное время равно $T = 14{,}6$ мин.

6. С учетом введения коэффициентов продолжительность нагрева T_b будет:

$$T_b = k_{т\cdot п} \cdot k_{п\cdot д.} \cdot T = 6{,}25 \cdot 1{,}0 \cdot 14{,}6 = 91{,}3\ мин.$$

Поправки на температуру нагрева и толщину заготовок вводить не следует, т. к. пакет нагревается только до температуры 80°, а заготовки имеют толщину более 3 *мм*.

Графический метод

Предложенный графоаналитический метод определения режима нагрева склеиваемого пакета древесины с односторонним нагревом прост и дает хорошие результаты, но при этом методе помимо графического решения требуется еще производить вычисления, что естественно сопряжено с известными трудностями.

Решение задач одностороннего контактного нагрева склеиваемого пакета без дополнительных вычислений можно производить по составленной нами номограмме. Номограмма составлена по уравнению (11) с равномерной и логарифмической шкалой (рис. 4).

Пользование номограммой, приведенной на рис. 4, поясним решением следующего примера.

Требуется определить продолжительность нагрева в прессах с односторонним подогревом склеиваемого пакета толщиной 20 *мм* до температуры в центре пакета 80°.

Пакет составлен из древесины букв влажностью 8—12% с коэффициентом температуропроводности $a = 0{,}00129\ \frac{см^2}{сек}$.

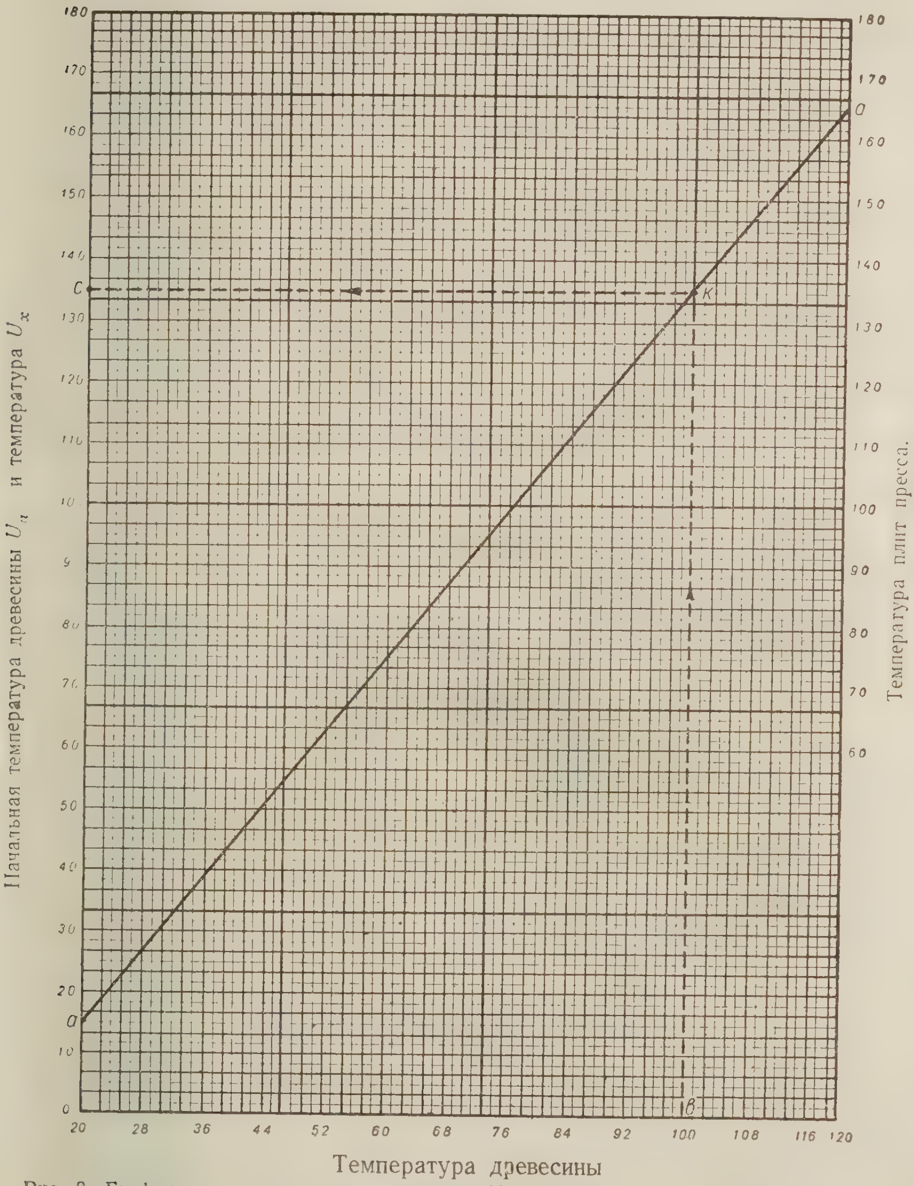


Рис. 3. График для нахождения температуры U_x внутри пакета, когда начальная температура древесины U_a, температура плит пресса $U_в$ или обе они не совпадают с принятыми температурами при построении графика, приведенного на рис. 2.

Пользование номограммой, приведенной на рис. 4, поясним решением следующего примера.

Требуется определить продолжительность нагрева в прессах с односторонним подогревом склеиваемого пакета толщиной 20 *мм* до температуры в центре пакета 80°.

Пакет составлен из древесины бука влажностью 8—12% с коэффициентом температуропроводности $a = 0{,}00129\ \frac{см^2}{сек}$.

Начальная температура древесины и температура холодной плиты пресса 20°, температура горячей плиты пресса 150°.

Решение. На шкале u_x номограммы (рис. 4) берем точку a, соответствующую температуре нагрева в центре пакета $u_x = 110°$, и из этой точки восстанавливаем перпендикуляр до пересечения в точке b с наклонной прямой температуры плит, равной $u_п = 150°$.

Из точки b проводим горизонтальную прямую вправо до пересечения в точке c с наклонной линией $z_1 = u_п - u_0 = 150 - 20 = 130°$.

Из точки c опускаем перпендикуляр до пересечения в точке e с прямой $\frac{x}{b} = 0{,}5$. Из точки e проводим горизонтальную прямую влево до пересечения в точке h с кривой $\frac{x}{b} = 0{,}5$.

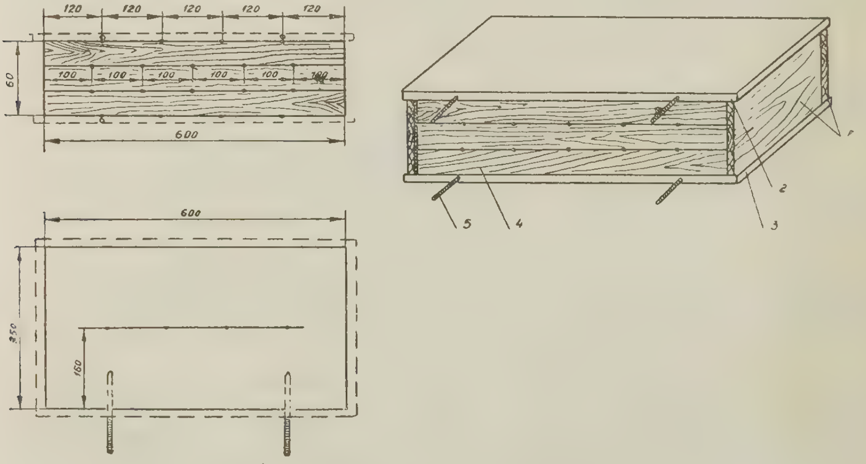


Рис. 5. Конструкция нагреваемого пакета древесины:
1 — тепловая изоляция; 2 — горячая плита;
3 — холодная плита; 4 — нагреваемый пакет древесины;
5 — термометры.

Из точки h восстанавливаем перпендикуляр до оси абсцисс и получаем точку i, из которой движемся по переходной линии до пересечения оси абсцисс первого квадранта.

На шкале «температуропроводность» берем точку l, соответствующую $a = 0{,}00129$ *см²/сек*, и из точки l восстанавливаем перпендикуляр до пересечения в точке $к$ с прямой линией, соответствующей толщине склеиваемого пакета 20 *см*.

Из точки $к$ проводим горизонтальную прямую влево до пересечения в точке q с перпендикуляром, восстановленным из точки i, и читаем продолжительность нагрева, равную 15,5 мин. Решение примера на номограмме показано жирными линиями со стрелками, а точки обозначены буквами.

Для проверки правильности составленного графика и номограммы производились экспериментальные исследования по изучению скорости нагрева и распределения температуры в прессах с односторонним контактным нагревом. Нагревалась древесина сосны, дуба и бука влажностью 8—12% при различной температуре горячей плиты.

Конструкция нагреваемого пакета древесины и схема расположения термопар приведены на рис. 5.

В результате исследований установлено, что при температуре нагрева древесины пакета до 100° номограмма и график дают высокую точность при определении температуры или продолжительности нагрева. Максимальное расхождение между температурами, определенными по графику или номограмме и фактически замеренными не превышает 3—5%, что наглядно иллюстрируется графиком, приведенным на рис. 6.

При нагреве древесины выше точки кипения воды, для определения фактических температур необходимо вводить поправочный коэффициент κ_u, значения которого приведены выше.

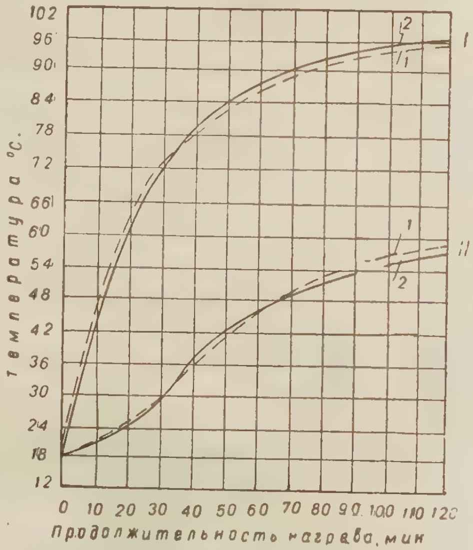


Рис. 6. Скорость нагрева пакета древесины сосны (см. рис. 5) в прессе с температурой горячей плиты 140° и холодной 18°:
I — температура на расстоянии 20 *мм* от горячей плиты, II — температура на расстоянии 40 *мм* от горячей плиты, 1 — замеренная термопарами, 2 — вычисленная по номограмме.

Расход тепловой энергии

Для нагрева склеиваемой древесины с односторонним контактным нагревом расходуется значительное количество тепловой энергии. Для теоретических и практических целей важно уметь быстро и с достаточной точностью определять этот расход тепловой энергии.

Аналитические методы определения расхода тепловой энергии весьма громоздки и в производственной практике широкому инженерно-техническому персоналу во многих случаях недоступны.

Нами разработан метод определения расхода тепловой энергии при склеивании древесины с односторонним нагревом.

Количество тепла, отдаваемое горячей плитой пресса, может быть определено по следующей формуле:

$$q_1 = \int_0^t \left(-\lambda \frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x=0} \cdot dt \qquad (13).$$

Для определения $\frac{\partial u}{\partial x}$ уравнение (10) продифференцируем по x и найденное значение при $x = 0$ подставим в уравнение (13), тогда будем иметь:

$$q_1 = (u_п - u_0)\int\limits_0^t \left\{-\lambda\left[-\frac{1}{b} - \frac{2}{b}\left(e^{-\frac{\pi^2 at}{b^2}} + e^{-\frac{4\pi^2 at}{b^2}} + e^{-\frac{9\pi^2 at}{b^2}}\right)\right]\right\} dt.$$

Интеграл от суммы нескольких функций равен сумме интегралов этих функций, поэтому предыдущее выражение можно представить в следующем виде:

$$q_1 = (u_п - u_0)\left[\int\limits_0^t \frac{\lambda}{b}\, dt + \int\limits_0^t \frac{2\lambda}{в} e^{-\frac{\pi^2 at}{b^2}} dt + \right.$$

$$\left. + \int\limits_0^t \frac{2\lambda}{b} e^{-\frac{4\pi^2 at}{b^2}} dt + \int\limits_0^t \frac{2\lambda}{b} e^{-\frac{9\pi^2 at}{b^2}} dt + \ldots\right].$$

Произведя интегрирование, получим:

$$q_1 = (u_п - u_0)\left\{\frac{\lambda t}{b} + \frac{2\lambda}{b}\left[-\frac{b^2}{\pi^2 a}\left(e^{-\frac{\pi^2 at}{b^2}} - 1\right)\right] + \right.$$

$$\left. + \frac{2\lambda}{b}\left[-\frac{b^2}{4\pi^2 a}\left(e^{-\frac{4\pi^2 at}{b^2}} - 1\right)\right] + \frac{2\lambda}{b}\left[-\frac{b^2}{9\pi^2 a}\left(e^{-\frac{9\pi^2 at}{b^2}} - 1\right)\right] + \ldots\right\} =$$

$$= (u_п - u_0)\left\{\frac{\lambda t}{b} + \frac{2b\lambda}{\pi^2 a}\left[\left(1 - e^{-\frac{\pi^2 at}{b^2}}\right) + \frac{1}{2^2}\left(1 - e^{-\frac{4\pi^2 at}{b^2}}\right) + \frac{1}{3^2}\left(1 - e^{-\frac{9\pi^2 at}{b^2}}\right) + \ldots\right]\right\}.$$

Вынося b за скобки, а отношение $\frac{\lambda}{a}$ заменив через $c\gamma$, получим уравнение:

$$q_1 = (u_п - u_0)\, b\left\{\frac{\lambda t}{b^2} + \frac{2c\gamma}{\pi^2}\left[\left(1 - e^{-\frac{\pi^2 at}{b^2}}\right) + \frac{1}{2^2}\left(1 - e^{-\frac{4\pi^2 at}{b^2}}\right) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{1}{3^2}\left(1 - e^{-\frac{9\pi^2 at}{b^2}}\right) + \ldots\right]\right\}.$$

Помня, что

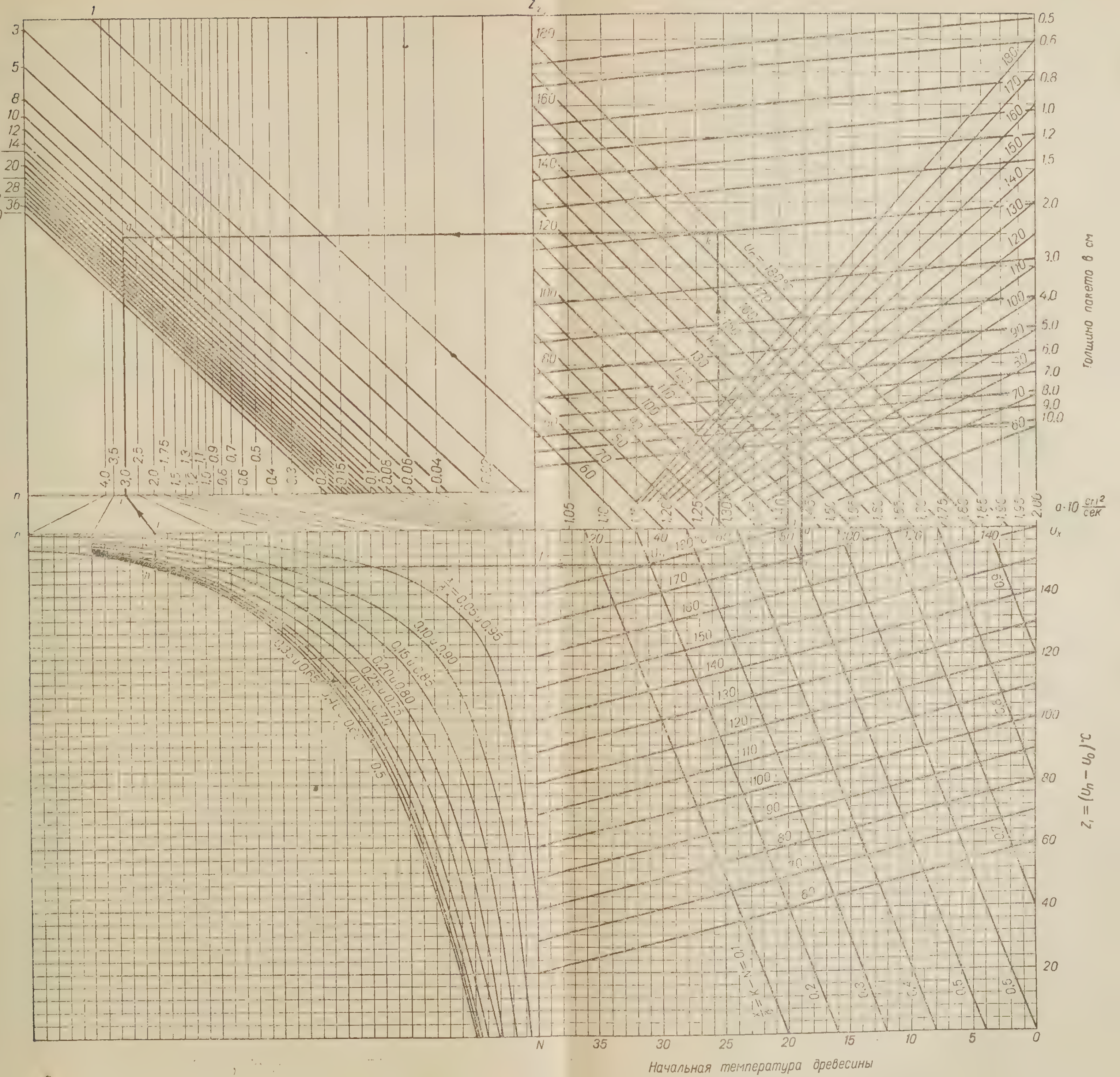
$$\frac{2}{\pi^2}\left(1 + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \ldots\right) = \frac{2}{\pi^2} \cdot \frac{\pi^2}{6} = \frac{1}{3}, \text{ то}$$

$$q_1 = (u_п - u_0)\, b\left|\frac{\lambda t}{b^2} + \frac{c\gamma}{3} - \frac{2c\gamma}{\pi^2}\left(e^{-\frac{\pi^2 at}{b^2}} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{1}{4} e^{-\frac{4\pi^2 at}{b^2}} + \frac{1}{9} e^{-\frac{9\pi^2 at}{b^2}} + \ldots\right)\right| \text{ или}$$

$$q_2 = 4{,}187\,(u_п - u_0)\, b\left[\frac{\lambda t}{b^2} + \frac{c\gamma}{3} - \frac{2c\gamma}{\pi^2}\left(e^{-\frac{\pi^2 at}{b^2}} + \frac{1}{4} e^{-\frac{4\pi^2 at}{b^2}} + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{1}{9} e^{-\frac{9\pi^2 at}{b^2}} + \ldots\right)\right] \qquad (14)$$



Номограмма для определения продолжительности нагрева склеиваемого пакета древесины в прессах с односторонним обогревом плит в зависимости от температуры горячей плиты, начальной температуры и физического состояния древесины

Рис. 4.

где: 4,187 — переводный коэффициент;

q_2 — тепловая энергия, $\frac{вт.\ сек}{«b»\ см^3}$.

В круглых скобках уравнения (14) имеем быстро сходящийся ряд. Требуется определить, сколько нужно взять членов этого ряда, чтобы получить достаточную точность при определении расхода тепловой энергии при склеивании древесины.

Аналогично предыдущему величина остатка после m члена определяется по формуле:

$$\delta N = \frac{1}{(m+1)^2\left[e^{\frac{(2m+3)a\pi^2 t}{l^2}} - 1\right] \cdot e^{(m^2-2)\frac{a\pi^2 t}{b^2}}}.$$

При $m = 2$ абсолютная погрешность будет настолько малой, что дальнейшее увеличение количества членов бесконечного ряда не будет влиять на точность построения номограммы.

Выражая в уравнении (14) продолжительность нагрева в минутах T и заменяя π его значением, а также беря два члена бесконечного ряда, получим следующее уравнение:

$$q_2 = 4{,}187\ (u_п - u_0)\left\{60\frac{\lambda T}{b} + 0{,}333\,c\gamma b\left[1 - 0{,}609\,e^{-591{,}6\frac{aT}{b^2}} - \right.\right.$$
$$\left.\left. - 0{,}15\,e^{-4\left(591{,}6\frac{aT}{b^2}\right)}\right]\right\} \quad (15).$$

По уравнению (15) нами составлена номограмма для определения расхода тепловой энергии при одностороннем контактном нагреве склеиваемой древесины с равномерной и логарифмической шкалой (рис. 7).

Пользование номограммой, приведенной на рис. 7, поясним решением следующего примера.

Требуется определить расход тепловой энергии при нагреве склеиваемого многослойного пакета толщиной 50 *мм* из древесины бука влажностью 8—12%, с коэффициентом температуропроводности $a = 0{,}00129\,\frac{см^2}{сек}$, удельной теплоемкостью $c = 0{,}5\,\frac{кал}{г.\ °C}$, объемным весом $\gamma = 0{,}7\,\frac{г}{см^3}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0{,}00045\,\frac{кал}{см\ сек.\ °C}$.

Склеиваемый пакет с начальной температурой древесины $u_0 = 20°$ нагревается в прессе с односторонним подогревом в течение 75 мин. Температура горячей плиты $u\ = 150°$ и холодной плиты 20°.

Р е ш е н и е. На шкале «коэффициент температуропроводности» берем точку a, соответствующую коэффициенту температуропроводности древесины бука $a = 0{,}00129\,\frac{см^2}{сек}$, и из этой точки восстанавливаем перпендикуляр до пересечения в точке b с прямой, соответствующей толщине склеиваемого пакета. Затем из точки b проводим горизонтальную прямую влево до пересечения в точке c с пунктирной прямой, соответствующей длительности нагрева $T = 75$ мин.

Из точки c опускаем перпендикуляр до пересечения в точке d с осью абсцисс и затем по переходной линии движется до пересечения в точке e с осью абсцисс третьего квадранта. Из точки e опускаем перпендикуляр

до пересечения в точке g с кривой, соответствующей объемному весу древесины $\gamma = 0{,}7 \frac{г}{см^3}$.

Затем из точки g проводим горизонтальную прямую вправо до пересечения в точке h с осью ординат и по переходной линии движемся до пересечения в точке i с осью ординат четвертого квадранта.

Из точки i проводим горизонтальную прямую вправо до пересечения в точке l с наклонной прямой соответствующей удельной теплоемкости $c = 0{,}5 \frac{кал}{г. °C}$. Затем из точки l восстанавливаем перпендикуляр до пересечения в точке n с горизонтальной прямой, проведенной из точки m, взятой на шкале «толщина склеиваемого пакета», равной 5 *см*, и читаем $x = bк = 0{,}55$.

На шкале «коэффициент теплопроводности» берем точку q соответствующую $\lambda = 0{,}00045 \frac{кал}{см\ сек.\ °C}$ и из этой точки восстанавливаем перпендикуляр до пересечения в точке r с наклонной сплошной линией, соответствующей толщине склеиваемого пакета $b = 5$ *см*. Из точки r проводим горизонтальную прямую вправо до пересечения в точке s с наклонной прямой соответствующей продолжительности нагрева склеиваемого пакета 75 мин.

Из точки s опускаем перпендикуляр на ось абсцисс в точку t, из которой по переходной линии движемся до пересечения в точке v с осью абсцисс четвертого квадранта. Из точки v опускаем перпендикуляр до пересечения с прямой $x = \tau - m = 0{,}55$ в точке w, из которой проводим горизонтальную прямую влево до пересечения в точке y с прямой $z_1 = u_п - u_0 = \frac{q_2}{4{,}187} = 130°$. Из точки y восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с осью абсцисс в точке x и читаем расход тепловой энергии на нагрев склеиваемого пакета, равный

$$q_2 = 531 \frac{вт\ сек}{«b»\ см^3} \text{ или } q_2^1 = \frac{531}{5} = 106 \frac{вт\ сек}{см^3} \text{ или } q = \frac{106}{4{,}187} \cong 25{,}4 \frac{кал}{см^3}.$$

На основании проведенной работы видно, что разработанные методы для определения продолжительности нагрева склеиваемой древесины в прессах с односторонним нагревом и расхода тепловой энергии при этом можно рекомендовать для практического использования при решении задач нагрева древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыков А. В., Явления переноса в капиллярно-пористых телах, Госиздат. технико-теоретической литературы, 1954.
2. George H. Brown, Heat-Conduction Problems in Presses used for Glung of wood 1943.

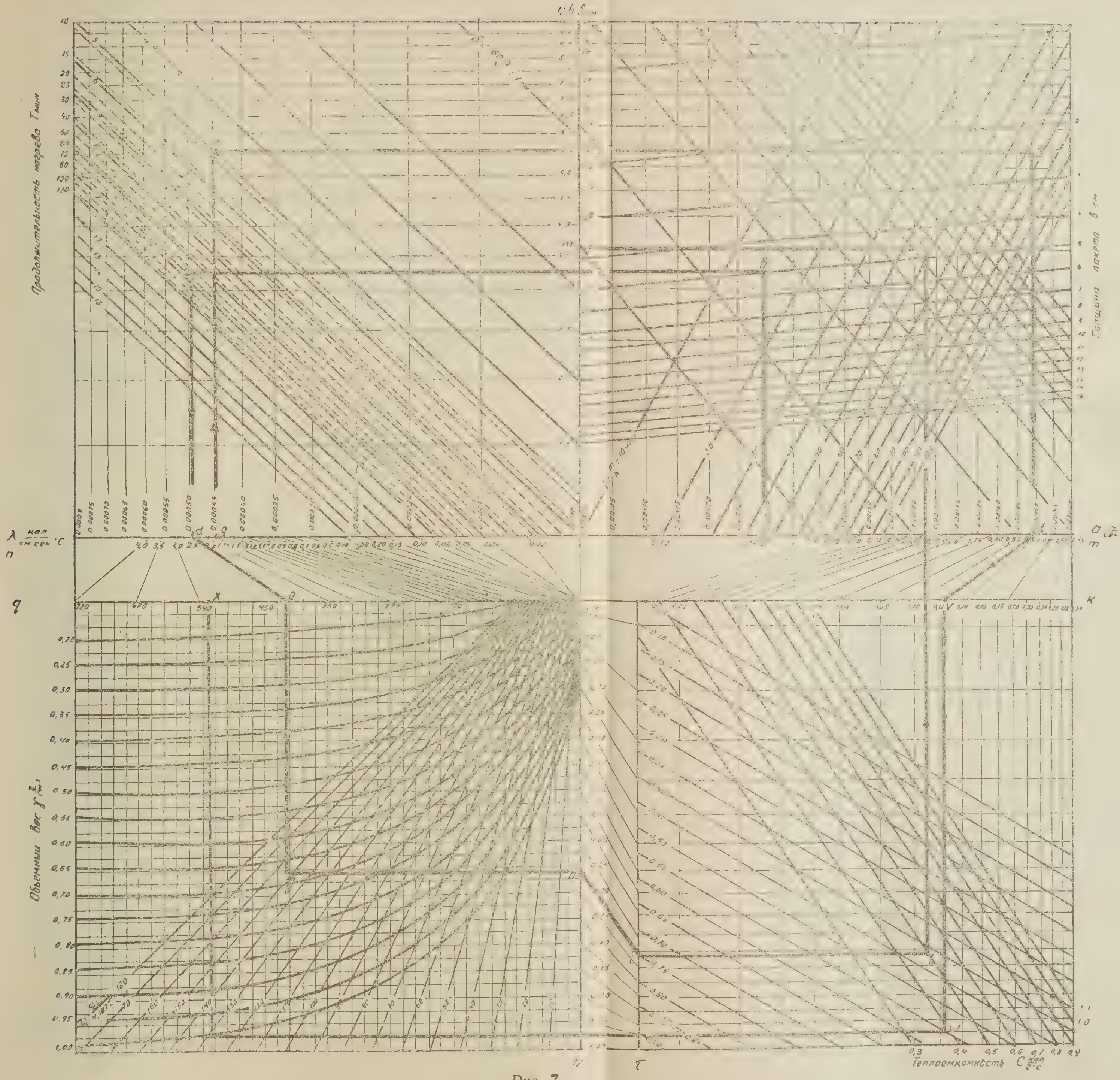

Продолжительность нагрева T мин
Толщина пакета B см
Объемный вес γ
Теплоемкость C
λ кал/см сек °C
a
n
q
m
k
N
T

Рис 7.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. И. МАЗУРЧИК

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СОРТИРОВКА ПАРКЕТНОЙ ФРИЗЫ

Предлагаемая сортировка предназначена для сортировки паркетной фризы, поступающей от сушильных камер, по длине и ширине одновременно.

Техническая характеристика.

Габаритные размеры:

длина — 1400 *мм*,
ширина — 1400 *мм*,
высота — 1650 *мм*.

Мощность электродвигателя $N = 0{,}6$ *квт*,
число оборотов $n = 1000$ об/мин,
скорость вращения веера $v = 4$ об/мин, или 0,2 *м/сек*.

Установка состоит из следующих основных частей: станины, рабочего механизма, редуктора и электродвигателя. Станина изготовляется из уголков. Вертикальные стойки *1* (рис. 1) станины крепятся между собой в двух местах уголками (*2*) при помощи сварки, образуя при этом в целом жесткую систему. К концам стоек внизу приварены опорные площадки с отверстиями, при помощи которых установка крепится болтами к фундаменту.

Рабочий механизм состоит из веера *13* с восемью загрузочными устройствами и переставных ограничителей *3*.

Высота расположения веера обеспечивает рабочему нормальные условия работы. Веер представляет собой восемь уголков, одним концом которые приварены к кругу. К уголку приварена пластинка-упор, вместе образующие Г-образную форму, которая служит для загрузки и удержания до определенного момента фризы, установленной на кромку. Круг с уголками приварен к вертикальному валу 11, который крепится в двух подшипниках скольжения *5*, из них один упорный *14*.

Ограничители изготовляются из круглой прутковой стали. Они могут взаимно перемещаться в вертикальном и горизонтальном направлениях в зависимости от длины и ширины фризы. Положение ограничителей фиксируется винтами.

Для уменьшения числа оборотов рабочего веера служит редуктор, состоящий из двух передач—червячной *8* и конической *7*.

Редуктор монтируется на опорной площадке и крепится к уголкам при помощи болтов. Вся система передачи защищена ограждением *6*.

Электродвигатель *9* служит для привода в действие рабочего веера. Крепится он к опорной площадке болтами.

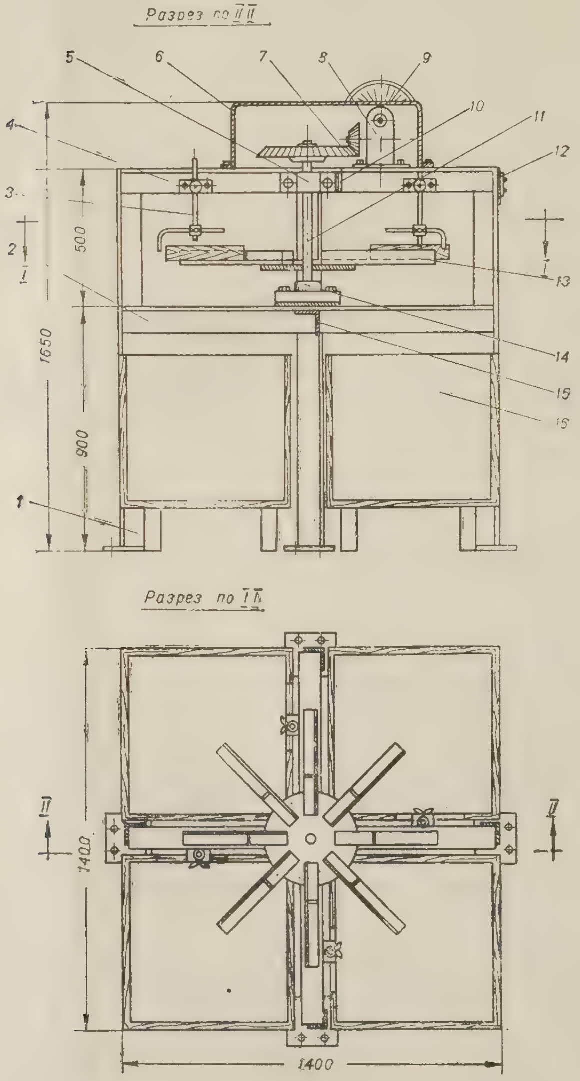


Рис. 1. Универсальная сортировка паркетной фризы.

Спецификация: *1*) вертикальные стойки, *2*) уголки, *3*) переставные ограничители, *4*) уголки, *5*) подшипники скольжения, *6*) ограждение (кожух), *7*) коническая передача, *8*) червячная передача, *9*) электродвигатель, *10*) уголки, *11*) вал, *12*) кнопочный пускатель, *13*) веер, *14*) упорный подшипник, *15*) узолки, *16*) ящики

Верхнее расположение электродвигателя и редуктора делает установку компактной и удобной в работе.

Включается и выключается установка при помощи кнопочного пускателя *12*.

Производительность установки в смену (в $м^3$):

$$P = 480\,\eta \cdot p \cdot g\ м^3/\text{смену},$$

где: η — коэффициент использования рабочего дня 0,95,

p — количество фризы, сортируемой в минуту (в шт.),

g — объем одной фризы (в $м^3$) (в среднем 0,00045 $м^3$),

$$P = 480 \cdot 0{,}95 \cdot 32 \times \times 0{,}00045 = 7\ м^3/\text{смену}.$$

Сортировка фризы осуществляется следующим образом: рабочий настраивает установку, т. е. устанавливает ограничители на определенные размеры, затем нажатием на кнопку пускателя включает установку.

После берет руками из ящика фризу, которую подвозят к установке из сушильных камер, и поочередно укладывает кромкой по одной штуке в загрузочное устройство так, чтобы она торцом упиралась в упор.

Загрузочное устройство с фризой движется до определенного ограничителя, который настроен на определенную длину и ширину фризы. Если размеры фризы меньше размеров настройки ограничителя, то она движется дальше до ограничителя, размеры настройки которого меньше размеров

фризы, тогда она задерживается ограничителем и сбрасывается в ящик *16*. Ограничители устанавливаются в следующем порядке: первый ограничитель устанавливается на самую большую ширину и длину фризы, второй и последующие на меньшие размеры, чем предыдущий.

Например: если первый установлен на длину 415 *мм* и ширину 90 *мм*, то второй устанавливается на размеры 365 и 85 *мм*, третий на 315 и 80, четвертый на 265 и 75 *мм*.

Таким образом, одновременно может происходить сортировка фризы *4* разных длин и ширин. Отсортированная фриза в ящиках тележкой отвозится к паркетному станку.

Практически выпуск паркета одновременно на одном предприятии более четырех типоразмеров становится нерациональным.

Согласно ГОСТ 862-41 паркет выпускается следующих размеров:

а) по толщине планок 12 и 17 *мм* для паркета из древесины всех пород, за исключением лиственницы, для паркета из которой установлена толщина 17 и 20 *мм*;

б) по ширине от 40 до 90 *мм* с градацией через 5 *мм*;

в) по длине от 200 до 400 *мм* с градацией через 50 *мм*.

Изготовление паркета, более крупного по ширине и длине и настил таким паркетом полов требует меньше рабочей силы, но паркет из крупных дощечек менее ценен с архитектурно-эксплуатационной точки зрения.

Выработка паркета одних крупных размеров вызывает значительную потерю сырья и затрудняет использование сырья низких сортов. Изготовление паркета более 4 разных размеров на одном и том же производстве усложняет технологический процесс изготовления паркета, затрудняет применение непрерывно поточных методов производства. Поэтому рациональнее вырабатывать паркет в среднем 3—4 размеров. Полезный выход паркета из фризы в среднем составляет 50—53%.

Причинами этого является потеря вследствие строжки, оторцовки и брака, а также вследствие завышенных припусков на обработку.

При правильной организации сортировки фризы за счет внедрения специальной установки значительная часть потерь может быть устранена.

Практически доски, идущие на выработку паркета, не всегда бывают одинаковой влажности и распиловки, поэтому даже несмотря на предварительную сортировку досок очень трудно установить номинальные припуски на усушку, да практически это и невозможно. Припуски на усушку фризы для определенной породы и размеров устанавливаются постоянными.

Такое положение приводит к значительным потерям ценного сырья на излишних припусках и на браке вследствие непрострожки фризы.

Нормы припусков на строжку согласно ОСТ НК-леса 290 «Нормы припусков на строгание заготовок для древесных деталей» устанавливаются по длине 20 *мм* на оторцовку паркета всех длин и по ширине 4—5 *мм*.

В процессе производства фриза подвергается сортировке по размерам для уменьшения процента отходов при строжке и увеличения процента выхода паркета из фризы.

Там, где сортировка фризы поставлена нерационально, под промежуточные склады и сортировочные площадки отводятся огромные площади и на операции сортировки и связанные с ними операции подноски, относки, транспортировки и укладки расходуется много рабочей силы.

Расход рабочей силы в станкочасах на сортировку вручную 1000 $м^2$ фризы составляет, по данным предприятий, 75,2 часа, разряд рабочего 4-й.

При применении специальной установки для сортировки фризы может быть получен значительный экономический эффект.

Удельный расход рабочей силы сокращается в 3,5 раза. В результате этого может быть получена экономия в среднем около 17 тыс. рублей в год.

Применение специальной установки облегчает труд рабочих, обеспечивает своевременное снабжение заготовками паркетный станок ПАРК-1, снижает себестоимость продукции, сокращает производственный цикл изготовления паркета, повышает культуру производства. Кроме того, установка занимает в 4—5 раз меньше площадь, чем необходима для сортировки ручным способом. Установку обслуживает один рабочий третьего разряда.

По конструкции описанная установка отличается от имеющихся в производстве простотой, прочностью изготовления и большей производительностью, на ее изготовление не требуется больших средств.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

И. Н. ЖИТОВ,
старший преподаватель

ОБЩИЙ ПРИЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ ВПИСЫВАНИЯ ЭКИПАЖЕЙ И ПОЕЗДОВ

В настоящей статье будет описан один из способов исследования вписывания экипажей в дорожные закругления или в какие-либо иные повороты. По мнению автора этот способ может принести пользу при исследованиях вписывания, которые нельзя произвести другими приемами, принятыми в настоящее время. В первую очередь здесь имеются в виду экипажи с т. н. «крестовой сцепкой», приобретающие важное значение в связи с переходом лесной промышленности к вывозке леса в хлыстах. С применением этих экипажей возник ряд вопросов в области проектирования дорог и самых экипажей.

Утверждалось, что для экипажей с «крестовой сцепкой» совсем не нужны уширения пути, иногда же необходимость в уширениях не отрицается, но рекомендации по их устройству не имеют достаточной полноты и четкости. Очевидно, что впредь до издания научно обоснованных норм и технических условий проектирования дорог, приспособленных к вновь возникшим в практике условиям, будет необходимо руководствоваться выводами обоснованной теории вписывания. Приводим основы такой теории.

Если проследить развитие теории вписывания за ряд лет, то можно будет убедиться, что в большинстве случаев выводы по вписыванию строились на основе предположения о т. н. «едином центре поворота» у экипажа и даже поезда. Сущность этой основы достаточно известна, поэтому нет надобности в подробном ее изложении.

Кратко эту сущность можно сформулировать так: при вписывании экипажей центры кривизны траекторий всех его точек совпадают с мгновенным центром скоростей этого экипажа. Опытом и теоретическими изысканиями можно доказать, что на самом деле этого совпадения почти никогда не бывает; особенно резко это заметно в начальные стадии вписывания. Так как принцип «единого центра» не отражает действительности, то возможности теорий вписывания, основанных на этом принципе, очень узки. По сути они сводятся лишь к одной формуле т. п. «цудортранса» для определения отхода задних осей некоторых экипажей внутрь круговых кривых, но и эта формула $R - \sqrt{R^2 - l^2}$, где: R — радиус закругления (l — база экипажа) дает большие ошибки на закруглениях малых радиусов и на закруглениях с небольшими центральными углами.

Недостатки теорий, основанных на принципе «единого центра поворота» — «теорий единого центра», заставляют отвергнуть самый принцип исследования и искать новую, более достоверную основу для теории

вписывания. В качестве такой основы можно принять следующую идею: если по траектории одной из точек экипажа будет определена траектория другой его точки, то тем самым будет разрешена задача о вписывании этого экипажа, при условии если для положения одной из точек на ее траектории будет возможно определить одновременное положение другой точки на ее траектории. Попытка применить эту идею к исследованиям вписывания была сделана в частности профессором М. Н. Летошневым (см. его книгу «Сельскохозяйственные машины», изд. 1949 и 1955 гг. раздел VII)*.

Проф. Летошнев указал, что структура многих экипажей может быть представлена, как состоящая из «элементарных звеньев» типа одноосных двухколесных ходов обыкновенной повозки. «Характерные точки» этих «элементарных звеньев» (передний и задний конец базы) описывают траектории, связанные между собой определенными соотношениями: характерная точка, идущая сзади, описывает «трактриссу» (о «трактриссе» см. ниже) к траектории точки, идущей впереди. М. Н. Летошнев дал способ построения трактрисс. Однако, несмотря на всю ценность выводов М. Н. Летошнева, решения, полученные им, имеют частный характер, так как их можно применить только к экипажам, структура которых разложима на элементарные конструктивные звенья. Сам проф. Летошнев указывает ряд подвижных устройств, не имеющих таких конструктивных элементарных звеньев. Таким образом, в выводах проф. Летошнева нет достаточной универсальности, и эти выводы не всегда можно применить к решению практических задач. Ниже мы изложим основные положения теории вписывания более универсального содержания. В основу этой новой теории принимаются следующие предпосылки:

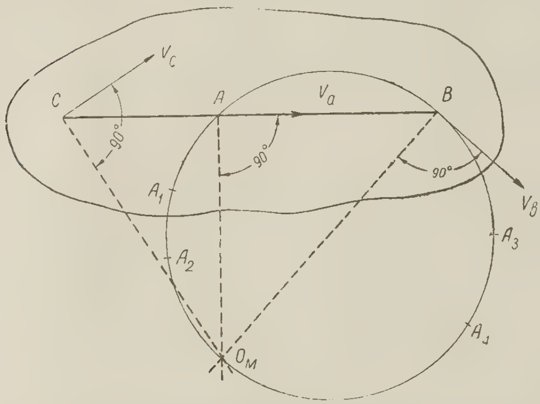


Рис. 1. Точки A, A_1, A_2, A_3, A_4 описывают трактриссы или нетрактриссы к траектории точки B: при $AB = \text{Const}$ — трактриссу, при $AB \neq \text{Const}$ — нектрактриссу.

1) в каждом вписывающемся экипаже можно найти части, находящиеся в плоскопараллельном движении или в движении, очень мало отличающемся от плоскопараллельного;

2) к таким частям можно применить общую теорию плоскопараллельного движения, излагаемую в теоретической механике;

3) с целью упрощения выводов можно рассматривать не движение самого экипажа, а движение его проекции на одну из плоскостей, в которых происходит движение. При таком рассмотрении мгновенные оси скоростей представятся мгновенными центрами скоростей.

Применение этих предпосылок приводит к следующим результатам.

Допустим, что нешарнирная материальная система MN (рис. 1) представляет собой часть экипажа, находящуюся в плоскопараллельном движении и мгновенный центр скоростей ее находится в точке O_M. Пусть пря-

* См. также: Блох и Ишлинский, «Сельскохозяйственная машина», № 1, 1937.

мая CB принадлежит движущейся системе или же неизменно связана с ней.

Согласно общей теории плоского движения углы между отрезками $O_мC$ и $O_мB$ и направлениями движения точек C и B (или векторами их скоростей) будут равны 90°.

Если из $O_м$ опустить перпендикуляр на CB, то в основании его будет найдена точка A, направление движения которой совпадает с отрезком AB прямой CB. Делая такие построения для последовательных положений системы MN (и для прямой CB), мы получим траекторию точки A. При этом всякое мгновенное положение прямой CB будет совпадать с касательной к траектории точки A в том месте, где в данное время находится эта точка. Отсюда легко сделать следующий вывод: если длины AB и AC во время движения системы MN не меняются, то траектория точки A может быть только трактриссой к траекториям точек C и B. Трактриссой к данной кривой мы называем такую кривую, касательные к которой, проведенные к любой точке этой кривой до данной кривой, сохраняют постоянную длину. Классическим примером трактриссы является «трактрисса Гюйгенса», называемая также «антифрикционной кривой», представляющая собою трактриссу к прямой, принимаемой обычно за ось абсцисс. Эта кривая описывается почти во всех курсах дифференциальной геометрии и интегрального исчисления или как самостоятельная кривая или как эвольвента цепной линии.

Если отрезки AB и BC меняют свою длину (оба или один из них), то точка A описывает кривую, у которой касательные, измеренные до траекторий точек B и C (обе или одна из них) будут переменной длины. Такие кривые мы назовем «нетрактриссами» (с возможными комбинациями трактрисс и нетрактрисс предоставляем разобраться самому читателю).

Для наших выводов мы взяли какую-то случайную прямую CB. С одинаковым успехом мы могли бы взять прямые C_1B, C_2B, C_3B,... C_nB и на них найти точки A_1, A_2,... A_n, описывающие трактриссы или нетрактриссы к траекториям точек C_1, C_2, C_3, C_n, B. Характерным для точек A_1, A_2, A_3... будет то, что во всяком мгновенном положении системы все они находятся на окружности с диаметром $O_мB$. (Доказательство: вписанные углы, опирающиеся на диаметр окружности, равны 90°). Таким образом выясняется, что есть множество точек, описывающих трактриссы или нетрактриссы к траектории точки B. Подобным же способом выясняется, что и для точки C можно найти множество точек, описывающих также трактриссы или нетрактриссы к траектории этой точки. Все эти точки всегда находятся на окружности с диаметром $O_мC$ (в мгновенных положениях этой окружности).

Приведенные выше соображения убеждают в том, что для исследований плоского движения исключительное значение имеет теория трактрисс и нетрактрисс.

Теперь рассмотрим движение повозки с базой AB, идущей по кривой без поперечного скольжения колес (идеальная повозка, не имеющая перекосов прямых углов, показанных на рис. 2, и находящаяся в идеальных условиях движения).

Движение такой повозки без поперечного скольжения колес характерно тем, что мгновенный центр скоростей ее находится в точке пересечения продолженных осей (точка $O_м$, рис. 2) и направление движения точки A, находящейся на неповоротной оси, совпадает с базой повозки AB. Следовательно, у такой повозки база AB совпадает с касательной к траектории точки A и эта точка описывает трактриссу (при AB = Const.) или нетракт-

риссу (при $AB \neq$ Const.) к траектории точки B. В соответствии с устройством обыкновенных транспортных повозок будем считать, что точки A и B представляют собой средины осей повозки. Таким образом, средина задней (неповоротной) оси обыкновенной повозки при движении последней по кривой описывает трактриссу или нетрактриссу к траектории средины передней оси. Сравнивая выводы по движению точек A и B на рис. 1 и 2, сразу же видим, что взаимосвязи между траекториями точек A и B по обоим этим рисункам совершенно одинаковы и что траекторию точки A на рис. 1 и 2 одинаково можно найти по уравнениям трактрисс или нетрактрисс к траектории точки B.

Это дает право любую из точек группы A (т. е. A, A_1, A_2...) принять за средину задней оси какой-то воображаемой повозки, имеющей средину

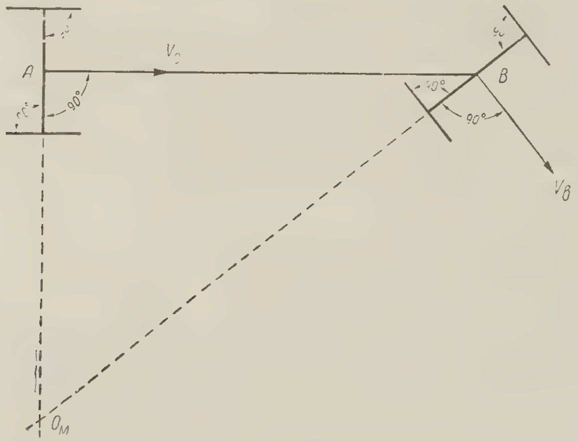


Рис. 2. Средина задней оси обыкновенной повозки описывает: при $AB =$ Const — трактриссу к траектории средины передней оси; при $AB \neq$ Const — нетрактриссу к той же траектории. Необходимое условие — движение повозки без поперечного скольжения колес.

передней оси в точке B (рис. 1), и для определения траектории точки A по траектории точки B применить теорию вписывания обыкновенной повозки. Этот вывод можно формулировать так: вписывание всякого экипажа можно исследовать при помощи теории вписывания обыкновенной повозки с базой постоянной или переменной длины, идущей без поперечного скольжения колес. Или же другая формулировка: вписывание всякого экипажа представляет собою лишь частный случай вписывания обыкновенной повозки.

Те воображаемые повозки, к которым можно свести вписывание любого экипажа, представляют собой «элементарные звенья» экипажа, но не конструктивные, как у проф. Летошнева, а кинематические. В отличие от конструктивных звеньев мы назовем эти кинематические звенья «фиктивными повозками». Их можно найти во всяком экипаже независимо от его структуры.

Способ исследования, основанный на приведении вписывания экипажей к вписыванию фиктивных повозок, назовем «способом фиктивных повозок».

Из выводов по рис. 1 ясно видно, что в каждом конкретном случае «способ фиктивных повозок» может иметь бесчисленное множество равноправных вариантов, среди которых исследователь вправе выбрать самый удобный. Обычно последним является (но не всегда) тот вариант, при котором база фиктивной повозки направляется по базе экипажа.

В качестве примера покажем сведение вписывания прицепа-роспуска с крестовой сцепкой к вписыванию фиктивной повозки; на рис. 3 изобразим такой прицеп в сцепе с автомобилем.

Местоположение мгновенного центра скоростей прицепа $O_м$ определяется по следующим признакам: 1) он находится на радиусе OB, где: O — центр поворота автомобиля, 2) он находится на продолжении оси прицепа (при условии отсутствия поперечного скольжения и увода колес).

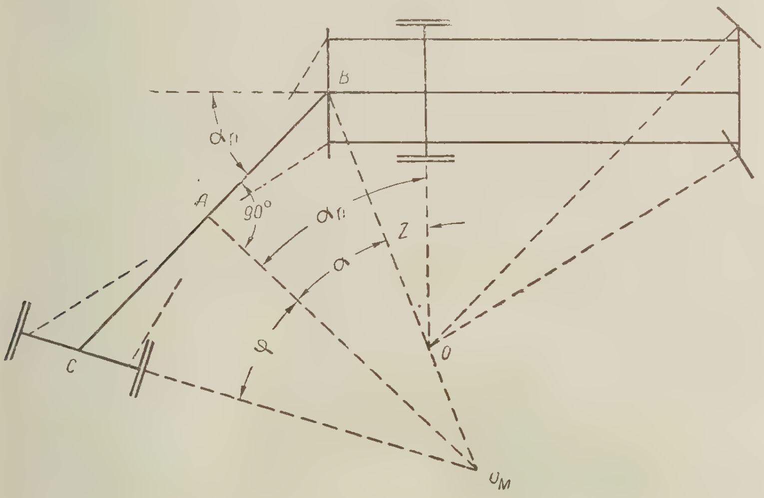


Рис. 3. Вписывание прицепа CB приводится к вписыванию обыкновенной повозки с базой AB.

Таким образом, местоположение $O_м$ определяется однозначно, как точка пересечения двух прямых (OB и $O_мC$). Направляя базу фиктивной повозки по дышлу прицепа CB, находим средину задней оси этой повозки в точке A — основание перпендикуляра, опущенного из $O_м$ на дышло. Длина базы фиктивной повозки $l = AB$ найдется из $\Delta\ CO_мB$ по формуле:

$$l = \frac{L \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \varphi},$$

где: L — длина дышла, $\angle \alpha$ и $\angle \varphi$ (см. на рис. 3).

Далее: $\alpha = \alpha_п - z$, где $\alpha_п$ — угол перекоса дышла прицепа относительно продольной оси тягача, z — угол, определяемый по $\sin z = \frac{l_1}{R_2}$, где l_1 — расстояние между задней осью тягача и центром сцепного прибора, R_2 — радиус кривой, описываемой центром сцепного прибора: $R_2 = \sqrt{R^2 - l_a^2 + l_1^2}$, где R — радиус профильной кривой, l_a — длина базы автомобиля. Таким образом,

$$l = \frac{L \operatorname{tg}(\alpha_п - z)}{\operatorname{tg}(\alpha_п - z) + \operatorname{tg} \varphi}.$$

В эту формулу вошли абсолютные величины углов $\alpha_п$, z и φ. По некоторым общетеоретическим соображениям, которых мы не можем изложить в настоящей краткой статье, в этой формуле будет удобно применить правила знаков для величины углов $\alpha_п$, φ и z именно: при отклонении дышла прицепа от продольной оси автомобиля в направлении внутрь кривой (рис. 3) угол $\alpha_п$ положителен ($\alpha_п > 0$), при отклонении же дышла во внешнюю сторону кривой угол $\alpha_п < 0$. Угол $z < 0$. Угол φ имеет знак, обратный знаку угла $\alpha_п$. Величина Z всегда положительна. Тогда:

$$l = \frac{L \operatorname{tg}(\alpha_п + z)}{\operatorname{tg}(\alpha_п + z) - \operatorname{tg}\varphi}$$

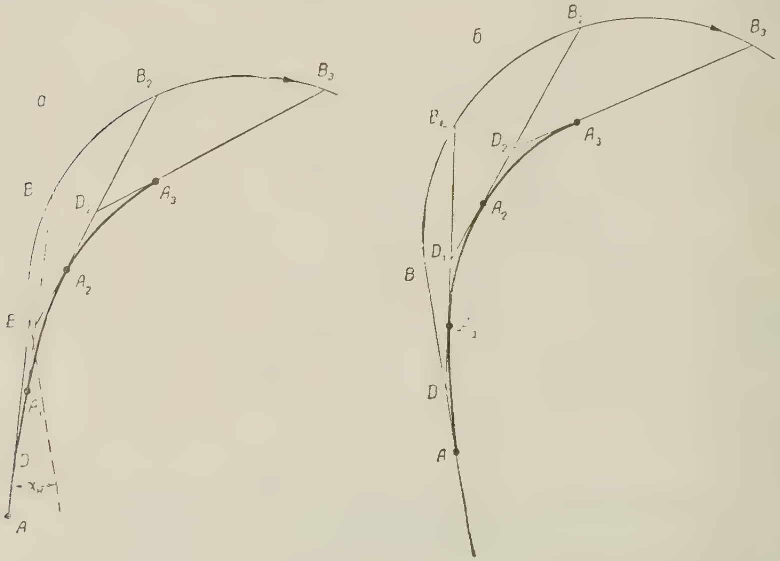


Рис. 4. а) Трактрисса $AA_1A_2A_3$ к кривой $BB_1B_2B_3$ при $\angle \alpha_п < 0$;
б) То же, но при $\angle \alpha_п = 0$.

Таким образом, вписывание прицепа сводится к вписыванию обыкновенной повозки с базой длиною l. Вследствие изменчивости $\alpha_п$ и φ база $l \neq \text{Const}$. Величины углов $\alpha_п$ и φ определяются проектированием прицепа на направление дышла и на направление, перпендикулярное дышлу. Полное аналитическое решение задачи о вписывании полуприцепа можно найти в нашей диссертации «Теория вписывания подвижного состава в закругление безрельсовых дорог и применение ее к вписыванию лесовозных экипажей», находящейся в ожидании защиты в Московском лесотехническом институте*.

Все наши выводы, приведенные выше, сделаны применительно к экипажам, имеющим только одно кинематическое звено. Вписывание более сложных экипажей и поездов сводится к вписыванию фиктивных повозок в числе, большем одной. В этом случае решение задачи будет заключаться

* В настоящее время диссертация прошла защиту.

в последовательном исследовании вписывания с переходом после исследования движения ведущей части к исследованию вписывания ведомой. Эти части всегда имеют общие точки и таким образом траектории их связаны через траектории этих общих точек.

В заключение настоящей краткой статьи приводим удобный способ графических построений трактрисс. Этот способ основан на замене трактриссы коробовой кривой. На рис. 4 изображен участок AA_1 трактриссы к какой-то кривой MN. Если считать кривую AA_1 за круговую кривую, то отрезки касательных к ней AD и A_1D равны между собой.

Обозначим длины $AД$ и $A_1Д$ через a. Тогда:

$$DB = AB - a = l - a$$

$$DB_1 = A_1B_1 + a = l + a.$$

Отсюда для построения дуги AA_1 надо поступить так: от конца касательной к трактриссе вперед по движению отложить на ней длину $AD = a$. Из точки D, как центра, засечь кривую MN дугой окружности с радиусом $DB_1 = l + a$. Откладывая от точки D по прямой DB_1 длину $A_1D = a$, найдем точку A_1, принадлежащую искомой трактриссе. Продолжая далее подобные же построения, построим нужный нам участок трактриссы.

Этот способ дает очень хорошие результаты, если углы α и длины a, не велики. Обычно при вписывании экипажей углы не бывают большими.

Другой хороший способ построения трактрисс читатель может найти в книге проф. Летошнева «Сельскохозяйственные машины»*. Зная траекторию одной точки A движущейся системы, можно построить траекторию любой точки экипажа, используя взаимное расположение точек.

Подобными же способами можно строить и нетрактриссы, если считать, что l меняется не постепенно, а ступенчато, например l, l_1, l_2 .... В этом случае нетрактрисса строится как последовательность трактрисс с длиною базы l, l_1, l_2.... Величины l, l_1, l_2 ..... необходимо будет определять аналитически или графически, например, как средние значения l в каком-то небольшом интервале вписывания.

Из-за ограниченных возможностей черчения графические построения траекторий вписывания дают вполне удовлетворительные результаты при исследованиях вписывания лишь в кривые с малыми радиусами (отношение $\frac{R}{l} \leqslant 5 \div 7$). При исследованиях вписывания в кривые с большими радиусами необходимо применять аналитические методы. Суть этих последних методов мы надеемся изложить в другой статье.

ВЫВОДЫ

1. Было доказано, что вписывание каждого экипажа можно свести к вписыванию одной или нескольких обыкновенных воображаемых («фиктивных») повозок, идущих без поперечного скольжения колес. Этим самым обоснован особый прием исследования вписывания — «способ фиктивных повозок».

2. Совершенно ясно, что «способ фиктивных повозок» применим и к сцепам экипажей или к поездам. Для этого необходимо лишь одно — вести исследование, переходя от ведущих экипажей к ведомым.

3. Обосновать «способ фиктивных повозок» как универсальный способ исследования вписывания удалось лишь после того, как в теорию вписывания было введено новое понятие об «обыкновенной повозке с переменной длиной базы» и рассмотрением траекторий, описываемых срединами задних

* См. также: Блох, «Сельскохозяйственная машина», № 1, 1937.

осей обыкновенных повозок не только, как «трактрисс» к траекториям средин передних осей, но и как «нетрактрисс». Понятие «нетрактрисса» вводится в теорию вписывания впервые.

4. Математической основой теории вписывания надо считать теорию «трактрисс» и «нетрактрисс». Графический метод исследования вписывания на этой основе приведен выше. Однако возможны и аналитические исследования (на той же основе). В качестве примера приведем одну из основных формул для исследования вписывания.

Если точка B (рис. 1) описывает траекторию, уравнение которой в данной системе прямоугольных координат выражается формулой $y = F(x)$, то дифференциальное уравнение траектории точки A (в той же системе координат) будет таким: $y_A - F\left(x_A + \frac{l}{\sqrt{1+(y'_A)^2}}\right) + \frac{ly'_A}{\sqrt{1+(y'_n)^2}} = 0$*,

где: x_A и y_0 — координаты траектории точки A,

l — длина базы «фиктивной повозки» экипажа.

Если $l \neq \mathrm{Const}$, то оно должно быть выражено как функция независимого переменного.

Приведенное уравнение является общим дифференциальным уравнением трактрисс и нетрактрисс к кривой $y = F(x)$. Если $y = F(x) = 0$, то приведенное выше дифференциальное уравнение переходит в дифференциальное уравнение трактриссы Гюйгенса. Если бы при интегрировании этого уравнения в конкретных случаях не возникало бы очень значительных трудностей, то можно было бы ограничиться только этим уравнением. Однако во многих случаях проще будет воспользоваться параметрическими уравнениями, которые, как мы надеемся, нам удастся опубликовать позднее.

5. Для применения «способа фиктивных повозок» важнейшее значение имеет умение отыскать мгновенный центр скоростей экипажа. Эта задача решается (для большинства экипажей) на основе предположения, что колеса экипажа передвигаются без бокового скольжения (см. выше вписывание полуприцепа). В более сложных случаях потребуются другие приемы, но так как мгновенные центры скоростей всегда существуют, то отыскание их не может представлять собой неразрешимой задачи. Таким образом, способ «фиктивных» повозок всегда применим.

---

* $F\left(x_A + \frac{l}{\sqrt{1+(y'_A)^2}}\right)$ получится из $F(x)$ через замену x на $\left(x_A + \frac{l}{\sqrt{1+y'_A)^2}}\right)$.

П. Г. КОРОЛЕВ

ПОТРЕБНАЯ МОЩНОСТЬ ПРИ ТОРЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ТРЕФОВЫХ ПАЗОВ

Случаи необходимости торцевого фрезерования многоножевой головкой площади круга, выраженной площадью двух сегментов, довольно часты. Такое фрезерование встречается при механической обработке как металлических, так и деревянных деталей. Наиболее характерным является случай фрезерования так называемых трефов—кон-

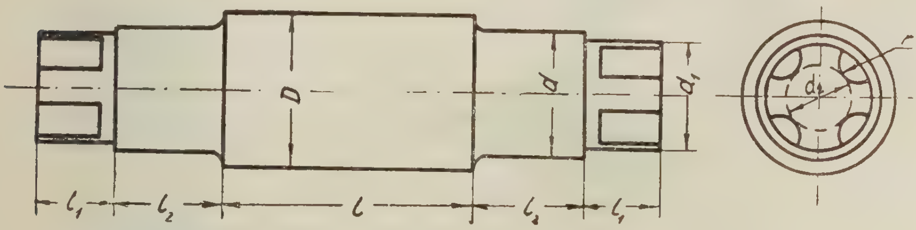


Рис. 1. Принципиальная конструкция прокатного валка, имеющего цапфы с трефами.

цевых частей шестеренных и прокатных валков прокатных станов. Трефовые пазы в этих валках необходимы для соединения валков с муфтами шпинделей. Наиболее часто встречающаяся форма показана на рис. 1. Торцевое фрезерование деревянных деталей имеет место в модельном производстве, в строительных деталях и других случаях.

Механическая обработка пазов трефов производится на горизонтально-расточных, фрезерных и других станках, а также и на специальных станках для обработки трефов.

В настоящее время выборка паза трефов в цапфах особенно прокатных валков как более производительная операция в подавляющем большинстве случаев осуществляется путем фрезерования паза торцевой многорезцовой насадной фрезой, с подачей фрезы в осевом направлении, параллельном оси обрабатываемого валка. В этом случае режущими кромками фрезы, на которых развиваются основные усилия резания, являются торцевые лезвия ножей фрезы.

При разработке новых конструкций высокопроизводительных специализированных станков для обработки трефов и эксплуатации существующих станков потребная мощность на шпинделе станка, оснащенного

торцевой многоножевой фрезой, может определяться опытным или чисто графическим методом.

Значительный интерес представляет собой и аналитический способ определения этой мощности, излагаемый ниже.

Как известно, эффективная мощность на шпинделе станков, если даны n — число оборотов шпинделя в минуту и M — крутящий момент на шпинделе станка в *кГм*, может быть определена по формуле

$$N = \frac{M \cdot n}{716{,}2} \text{ л. с.}$$

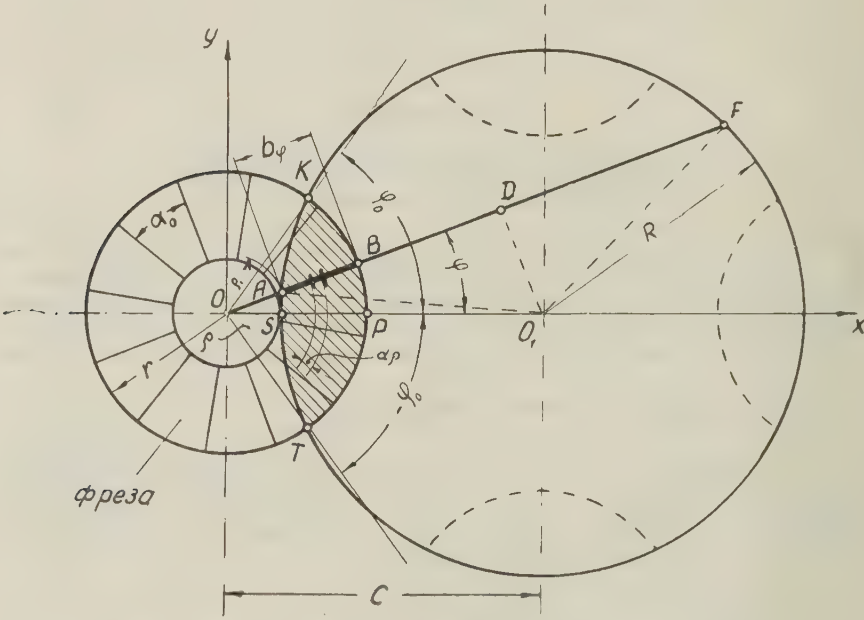


Рис. 2. Схема образования момента сил резания при фрезеровании паза трефа одним ножом торцевой фрезы.

Следовательно, основной задачей при определении указанной мощности является выяснение вопроса о законе изменения момента сил резания, действующего относительно оси шпинделя станка.

Положим, что, как показали опыты, с достаточным приближением, усилие резания, приходящееся на единицу длины лезвия ножа фрезы — q *кг/мм* постоянно. Следовательно, общее усилие одного ножа фрезы прямо пропорционально длине лезвия ножа этой фрезы, т. е. ширине снимаемой стружки $в_\varphi$ — *мм*.

Элементарный момент сил резания (рис. 2), приходящийся на участок $d\rho$ лезвия ножа фрезы в зависимости от угла поворота φ фрезы составит

$$dM_\varphi = q\rho d\rho.$$

Полный момент сил резания, приходящихся на один нож фрезы, будет равен

$$M_\varphi = \int\limits_{\rho_1}^{r} q\rho d\rho \qquad (1).$$

Величину нижнего предела $\rho = \rho_1$ этого интеграла найдем из построения (рис. 2).

$$\rho_1 = \overline{OA} = \overline{OD} - \overline{AD} = \overline{OD} - \sqrt{(\overline{AO_1})^2 - (\overline{O_1D})^2},$$

Но $\overline{OD} = C\cos\varphi$; $\overline{AO_1} = R$; $\overline{O_1D} = C\sin\varphi$.

Следовательно,

$$\rho_1 = C\cos\varphi - \sqrt{R^2 - C^2\sin^2\varphi} \qquad (2)$$

Интегрируем уравнение (1):

$$M_\varphi = \int\limits_{\rho_1}^{r} q\rho d\rho = \frac{1}{2} q\rho^2 \Big|_{\rho_1}^{r}. \text{ Или } M_\varphi = \frac{q}{2}(r^2 - \rho_1^2) \qquad (3).$$

Подставляем значения пределов интегрирования r и ρ_1 из уравнения (2).

$$M_\varphi = \frac{q}{2}\left[r^2 - (C\cos\varphi - \sqrt{R^2 - C^2\sin^2\varphi})^2\right].$$

После преобразований получаем

$$M_\varphi = q\left[C\cos\varphi\sqrt{R^2 - C^2\sin^2\varphi} - \frac{1}{2}(C^2\cos 2\varphi + R^2 - r^2)\right] \qquad (4).$$

Момент сил M_φ за интервал $\varphi = 0 \div \varphi_0$ меняется в пределах от максимума до нуля.

Угол φ_0, т. е. угол, в пределах которого отдельно рассматриваемый нож фрезы, поворачиваясь, обязательно пересекает площадь сегментов $SAKBPTS$ (рис. 2), может быть найден из условия, что при $\varphi = \varphi_0$, $b_\varphi = 0$.

Но ширина $b_\varphi = r - \rho_1$. Используя уравнение (2), получаем

$$b_\varphi = r - C\cos\varphi + \sqrt{R^2 - C^2\sin^2\varphi} \qquad (5).$$

Но, как уже указывалось выше, при $\varphi = \varphi_0$, $b_\varphi = 0$.
Следовательно

$$r - C\cos\varphi_0 + \sqrt{R^2 - C^2\sin\varphi_0} = 0;$$

откуда

$$\cos\varphi_0 = \frac{C^2 - R^2 + r^2}{2rC} \qquad (6).$$

Максимального значения M_φ будет достигать при $\varphi = 0$. Подставляя в уравнение (4) это значение угла φ_0, получим

$$M_{\varphi_{\max}} = q\left[CR - \frac{1}{2}(C^2 + R^2 - r^2)\right] \qquad (7).$$

Кривая изменения M_φ показана на рис. 3. Эта кривая, а также и кривые, изображенные на рис. 4, построены для частного случая, когда: $r = 80$ *мм*, $R = 150$ *мм*, $C = 180$ *мм*, число ножей фрезы $z = 12$ и $\Delta\varphi = 5°$.

На рис. 3 показана только правая половина кривой $M\varphi$; левая ее часть будет симметрична правой.

Момент силы резания всех m ножей фрезы, одновременно находящихся в работе, т. е. участвующих в резании, равен

$$M_{\varphi\text{сум}} = M_{\varphi=2\varphi_0} + M_{\varphi=2\varphi_0-\alpha_0} + M_{\varphi=2\varphi_0-2\alpha_0} + \ldots + M_{\varphi=2\varphi_0-(m-1)\alpha_0} \qquad (8).$$

Обобщенно записав, замечаем, что этот момент может иметь два значения:

$$M_{\varphi_{\text{сум}_1}} = \sum_{m=1}^{m=m_1} \int_{\rho_1}^{r} q\rho d\rho \qquad (9),$$

$$M_{\varphi_{\text{сум}_2}} = \sum_{m=1}^{m=m_2} \int_{\rho_1}^{r} q\rho d\rho \qquad (10).$$

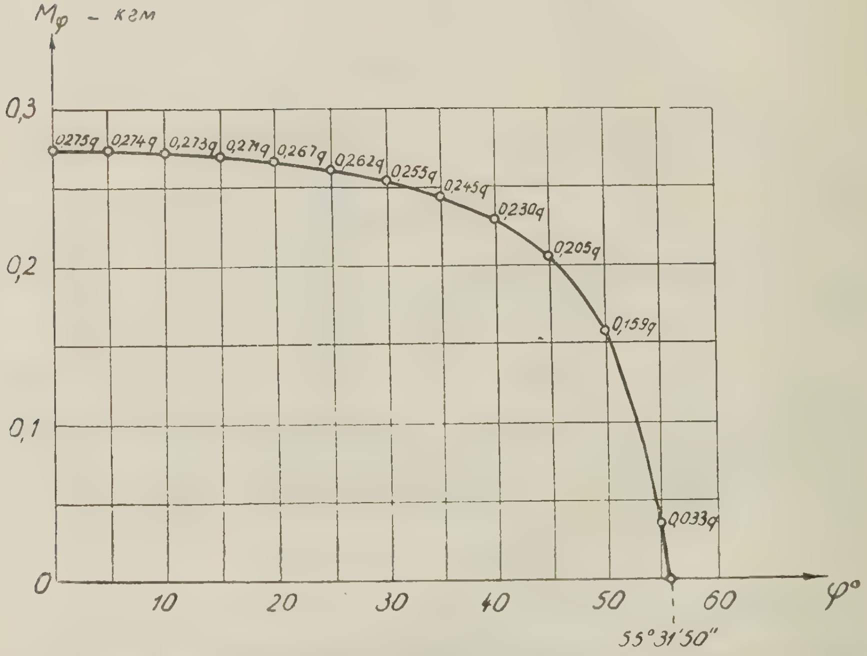


Рис. 3. Кривая изменения крутящего момента M_φ сил резания при торцевом фрезеровании паза трефа одним ножом торцевой фрезы.

В этих уравнениях:

$$m_1 = \frac{2\varphi_0}{\alpha_0} \qquad (11)$$

и

$$m_2 = \frac{2\varphi_0}{\alpha_0} + 1 \qquad (12),$$

где α_0 — угол между двумя соседними ножами фрезы, равный

$$\alpha_0 = \frac{2\pi}{z} \qquad (13).$$

Следует указать на то, что все члены уравнений (9) и (10) могут иметь вещественные значения только при условии, если

$$2\varphi_0 > (m - 1)\,\alpha_0.$$

Функции (9) и (10), обобщенно выражаемые

$$M_{\varphi_{\text{сум}}} = \sum_{m=1}^{m=m_{1,2}} \int_{\rho_1}^{r} q\rho d\rho \qquad (14),$$

в окончательном виде представляют

$$M_{\varphi_{сум}} = \sum_{m=1}^{m=m_{1,2}} q\left[C\cos\varphi\sqrt{R^2 - C^2\sin\varphi} - \frac{1}{2}\left(C^2\cos 2\varphi + R^2 - r^2\right)\right] \quad (15).$$

Кривая этой трансцендентной функции (15) показана на рис. 4. Эта кривая выражает собой сумму ординат кривых (рис. 4), выраженных одним и тем же законом (4), т. е.

$$M_\varphi = q\left[C\cos\varphi\sqrt{R^2 - C^2\sin^2\varphi} - \frac{1}{2}\left(C^2\cos 2\varphi + R^2 - r^2\right)\right],$$

только сдвинутых одна относительно другой на один и тот же угол α_0.

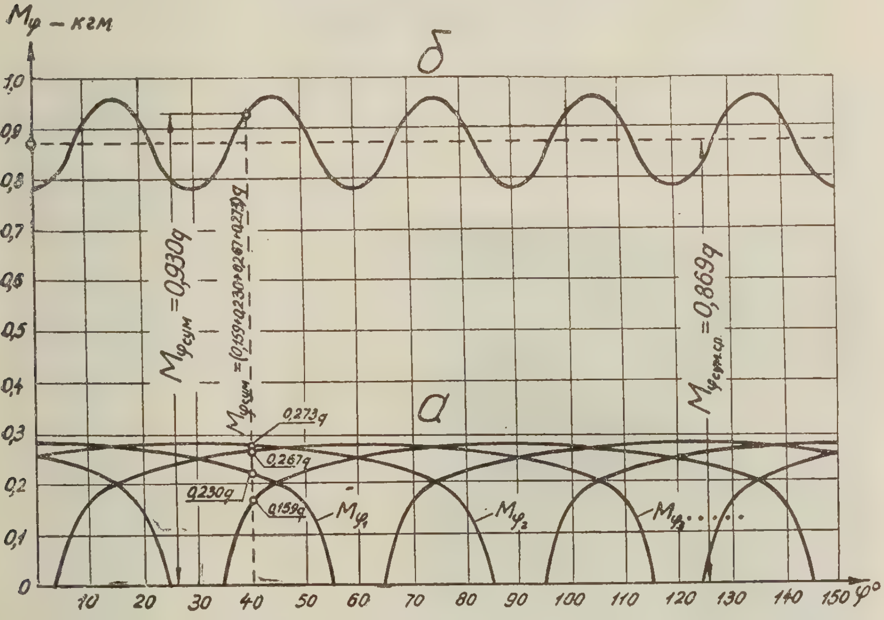


Рис. 4. Кривые крутящих моментов сил резания при торцевом фрезеровании пазов трефа торцевой фрезой: а) $M\varphi_1$, $M\varphi_2$, $M\varphi_m$ — крутящие моменты за счет сил резания, возникающих на 1, 2, ..., m ножах фрезы, одновременно участвующих в резании, б) $M\varphi$ суммарной крутящий момент всех ножей фрезы, одновременно участвующих в резании.

Кривая (14) показывает (рис. 4 *б*), что эта функция проходит через максимум и минимум за период $\varphi = \alpha_0$.

Пользуясь этим графиком, можно определить среднее значение момента сил резания всех ножей фрезы

$$M_{\varphi сум.ср.} = \frac{M_{\varphi сум.max} + M_{\varphi сум.min}}{2} \quad (16).$$

После этого, если известно число оборотов фрезы n об/мин, находят потребную эффективную мощность на шпинделе станка при обработке трефового паза по формуле

$$N_{эф} = \frac{M_{\varphi сум.ср.}\, n}{716{,}2}\ л.с. \quad (17),$$

В качестве примера определим потребную мощность на шпинделе станка при фрезеровании торцевой многоножевой сборной фрезой пазов трефов прокатного валка для случая, когда валок выполнен из стали, у которой $\sigma_{пч} = 70 \div 80$ *кг/мм*². Величины r, R, C и z были даны выше. Подачу на один нож фрезы берем $S = 0,18$ *мм*. Коэффициент резания принимаем равным, примерно, $q = 130$ *кг/мм*. Фреза делает $n = 60$ об/мин.

Вычисляем значения M_φ по формуле (4) и, сводя результаты вычислений в одну таблицу, строим кривую (4 *б*), выражающую величину (15). С помощью этой кривой находим

$$M_{\varphi_{сум.ср.}} = 0,869\ q\ \ кГм.$$

Затем, пользуясь уравнением (17), получаем

$$N_{эф} = \frac{0,869 \cdot 130 \cdot 60}{716,2} \approx 9,46\ л.\ с.$$

Предлагаемый способ определения потребной мощности пригоден для всех других случаев торцевого фрезерования по некоторой части площади круга, при любом числе ножей фрезы, если эта площадь выражена двумя плоскими сегментами.

В. С. ЯСИНСКИЙ,
кандидат технических наук

РЕЗЕРВЫ ЛЕСОПИЛЕНИЯ

Одним из существенных факторов повышения производительности лесопиления является правильный выбор геометрических параметров режущего инструмента, а также качество подготовки его к работе.

Особую важность вопросы профилирования и подготовки инструмента приобретают в настоящее время, когда большинство лесопильных предприятий переходят на скоростные методы распиловки древесины тонкими пилами, дающие увеличение процента выхода пиломатериала, и сплющеными зубьями.

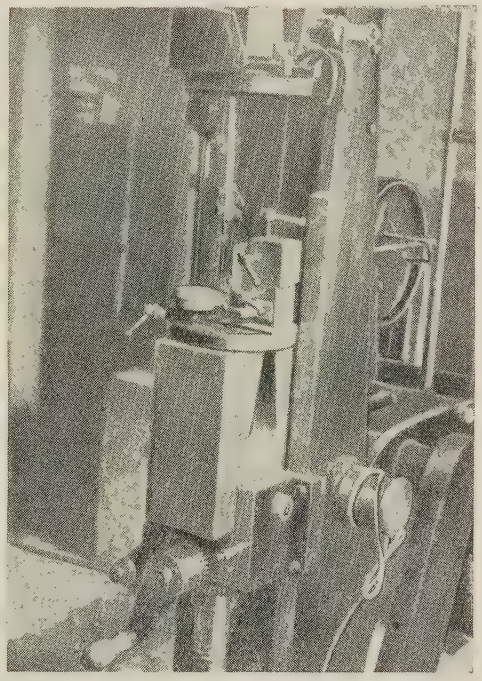


Рис. 1. Экспериментальная установка к разрывной машине «Р-5».

Исследованием влияния угла резания на процесс резания занимался Белорусский лесотехнический институт (диссертация А. Г. Лахтанова) и ЦНИИМОД (В. Ф. Фонкин — Новый ГОСТ на рамные пилы). В этих работах содержатся некоторые ошибочные высказывания, главным образом в отношении снижения жесткости рамных пил при повышенных передних углах резания. Объясняется это, очевидно, тем, что авторы недостаточно правильно построили методику своих исследований: увеличение переднего угла в рамных пилах производили частично за счет уменьшения угла заточки, в результате чего вновь вышедший ГОСТ на рамные пилы рекомендует передние углы резания для двух профилей зубьев до 15°.

Чтобы выявить наиболее рациональные геометрические параметры зубьев пил для распиловки древесины, были поставлены лабораторные исследования, которые проведены кафедрой МТД УСХА в УКРНИИМОДе на экспериментальной установке к разрывной машине Р-5 (рис. 1). Предварительно мы провели обследование целого ряда лесопильных заводов Украины, Белоруссии и Севера.

В результате обследования установлено, что для распиловки твердолиственных и хвойных пород применяются рамные пилы с двумя профилями зубьев: с ломаной линейной задней гранью — профиль № 1 и с прямой задней гранью — профиль № 2 (табл. 1).

Таблица 1

Наименование ДОКа	Распилив. породы	№ профиля	Угловые параметры (в градусах)			Линейные параметры (в *мм*)				
			γ	β	α	δ	t	h	l	r
Киевский	твердолиствен. и хвоя	2	10—12	40—42	36—40	78—80	22—26	18—20	—	3—4
Буштенский	хвоя	2	15	41	34	75	22	19	—	3,0
Онежский	»	1	11—15	48—53	26—27	75—78	16—18	22	10—11	4,0
Оржевский	»	2	15	38	37	75	26	16	—	4,0
Надворнянский	твердолиствен. и хвоя	2	12	33	45	78	20	20	—	5,0
Черновицкий	хвоя и твердолиствен.	2	14	35	41	76	22	20	—	2,0
		1	16	39	39	78	22	21	20	3,5
Красноильский	твердолиствен.	2	10	40	40	80	20	21	—	3,0
Бобруйский	хвоя	2	15	35	40	75	16	16	—	2,5
Свалявский	твердолиствен.	2	12	46	32	78	28	18	—	5,0
Гомельский	хвоя	1	14	46	30	76	22	15	10	4,0
		2	14	40	36	76	22	15	—	4,0
ГОСТ 5524-55		2	12	33	46	78				
		1	15	45	30	75				
Средние значения угловых параметров по различным ДОКам		2	10—15	33—40	30—46	75—80	—	—	—	—
		1	11—16	35—53	26—45	78—80	—	—	—	—

Как видно из таблицы, все они имеют различные угловые параметры, отличные от ГОСТ 5524-55 на рамные пилы, а также не являются в настоящее время достаточно глубоко научно обоснованными.

Опыты показали, что правильно выбранные угловые параметры зубьев пил могут обеспечить повышение производительности лесопильного оборудования при одновременном снижении энергии на резание древесины. Последнее обстоятельство является особенно эффективным при эксплуатации маломощных лесопильных рам.

Во время опытов производилось распиливание древесины сосны и бука резцами, изготовленными из стали марки 85ХФ, толщиной 1,8 *мм*.

Угловые и линейные параметры для плющеных и разведенных зубьев приводятся в таблице 2.

Таблица 2

№ образцов	Угловые значения (в градусах)				Линейные параметры (в *мм*)				Площадь впадины (в $мм^2$)
	γ	α	β	δ	t	h	l	r	
1	10	35	45	80	22	18	10	4	123
2	20	25	45	70	22	18	10	4	130
3	30	15	25	60	22	18	10	4	142

Развод и плющение зубьев на сторону составляли 0,6 *мм*, подача на зуб 0,5 *мм*; 1 *мм* и 1,5 *мм*. Запись усилий резания фиксировалась на диаграмме графическим путем, после чего эти диаграммы математически обрабатывались и мы получали средние значения усилий резания. Кроме

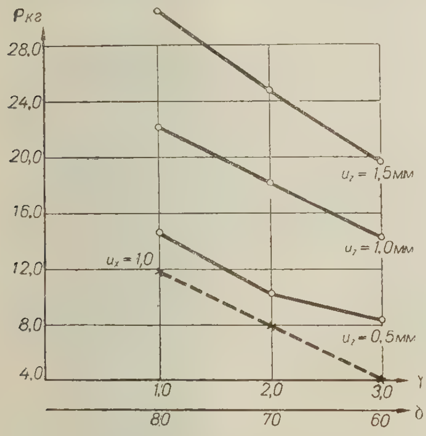


Рис. 2. График зависимости усилия резания от угловых параметров (плющен. зуб): сосна, W = 65—75%, t =22 *мм*, *в* =3 *мм*, $\beta = 45°$.

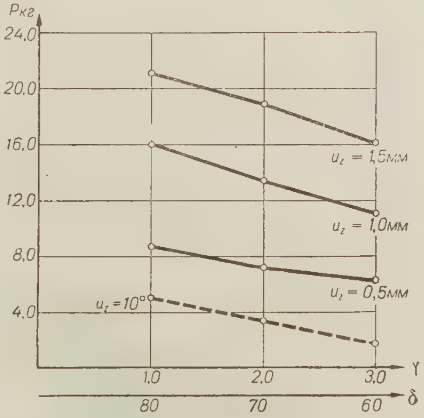


Рис. 3. График зависимости усилия резания от угловых параметров (развед. зуб): сосна, W =65—75%, t =22 *мм*, *в* =3 *мм*, $\beta = 45°$.

того, через усилия резания подсчитывалось удельное сопротивление резания для разведенных и плющеных зубьев.

На основании полученных данных приведены графики зависимости усилия резания от углов резания (рис. 2 и 3) и графики зависимости удельного сопротивления резания от величины подачи на зуб (рис. 4, 5, 6 и 7). Из графиков видно, что с уменьшением угла резания (при постоянном угле заточки $\beta = 45°$) усилия резания для плющеных и разведенных зубьев падает. Причем усилия резания при пилении плющеными зубьями больше, чем у разведенных (рис. 2 и 3). Такая же картина наблюдается в графиках удельного сопротивления резания (рис. 4, 5, 6 и 7), которое снижается от увеличения подачи на зуб и передних углов резания. Из этих рисунков также видно, что удельное сопротивление соответственно ниже у разведенных зубьев по сравнению с плющеными.

Увеличение усилия резания и удельного сопротивления резания у плющеных зубьев объясняется тем, что при всех прочих равных условиях толщина среза на зуб для плющеных зубьев будет меньше, чем у разведенных, а поэтому и работа на дробление стружки одинакового объема будет всегда затрачиваться большая.

При уменьшении угла резания δ и увеличении переднего угла объем пазух зубьев частично будет увеличиваться (табл. 2), что, очевидно, благоприятно скажется на устойчивости зубьев в работе.

При лабораторных исследованиях было установлено также влияние упругой деформации волокон на процесс резания в зависимости от раз-

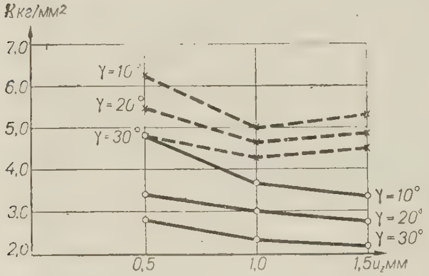


Рис. 4. График зависимости уд. сопротивления резания от величины подачи на зуб (плющен.):
сосна, $W=65$—75%, бук, $W=60$—70%,
$t=22$ *мм*, $в=3$ *мм*, $\beta=45°$

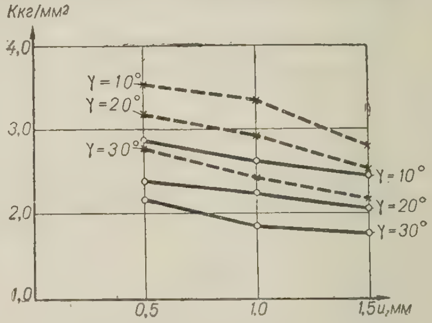


Рис. 5. График зависимости уд. сопротивления резания от величины подачи на зуб (развед.):
сосна, $W=65$—75%, бук, $W=60$—70%,
$t=22$ *мм*, $в=3$ *мм*, $\beta=45°$.

личных угловых параметров, для чего производилось вторичное прорезание образцов древесины сосны теми же резцами, что при основном резании, но уже без осуществления подачи.

Результаты исследования, представленные на рис. 2 и рис. 3 (пунктирные линии) показывают, что усилия повторного резания уменьшаются с уменьшением угла резания δ.

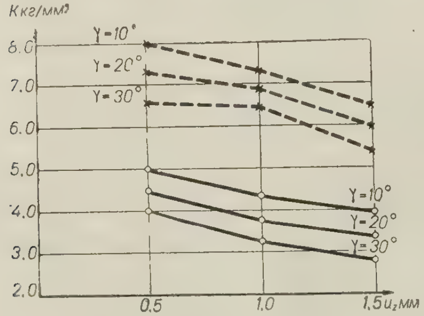


Рис. 6. График зависимости уд. сопротивления резания от величины подачи на зуб (плющен):
сосна, $W=65$—75%, бук, $W=60$—70%,
$t=32$ *мм*, $в=3$ *мм*, $\beta=45°$.

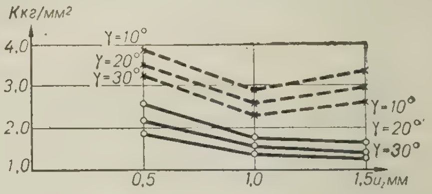


Рис. 7. График зависимости уд. сопротивления резания от величины подачи на зуб (развед.):
сосна, $W=65$—75%, бук, $W=60$—70%,
$t=32$ *мм*, $в=3$ *мм*, $\beta=45°$.

Это обстоятельство, очевидно, объясняется тем фактором, что в результате снижения угла резания происходит уменьшение деформации. Поэтому волокна меньше отгибаются и отрываются от стенок пропила, а срезанная поверхность становится более чистой.

В заключение можно отметить, что лабораторные исследования полностью подтверждают преимущество употребления пил с зубьями, у которых передние углы большей величины, чем применяются на наших производствах в настоящее время.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

В. В. КОТЕК,
доцент

УЧЕНИЕ ЛЕОНАРДА ЭЙЛЕРА ОБ АБСТРАКЦИИ

(Из истории отечественной науки)

Со дня рождения величайшего математика XVIII столетия, члена Петербургской Академии наук, Леонарда Эйлера, 15 апреля 1957 г. исполняется 250 лет. Мировоззрение этого всеобъемлющего мыслителя, не только преобразовавшего исчисление бесконечно малых в собственно аналитическую дисциплину, но и заложившего основы целого ряда наук естествознания, представляет несомненный интерес.

По своим философским взглядам Л. Эйлер был довольно ярко выраженным дуалистом: наряду с признанием объективного существования внешнего материального мира, мира тел, по мнению Эйлера, существует и духовная субстанция.

Дуализм Эйлера является продолжением дуалистических воззрений Декарта и Ньютона.

Многое в миропонимании Эйлера нам чуждо: он признавал всемогущего творца, бессмертие души, абсолютную свободу воли. В этом отношении он был далек от передовых идей своей эпохи, и свежий ветер свободомыслия французских материалистов XVIII века не коснулся его.

Однако если в вопросах религии Эйлер был только сыном своего века, то в своей натурофилософии он стоял на позициях естественно-научного материализма.

Философские взгляды Эйлера очень подробно излагаются в его научно-популярном произведении «Письма к одной немецкой принцессе о различных вопросах физики и философии». «Письма», числом 234, появились на французском языке в 1768—1772 гг. и сразу завоевали огромную популярность.

В письме от 24.I 1761 г. Эйлер делит всех философов на три категории — идеалистов (или спиритуалистов), эгоистов и материалистов. Разумея под эгоистами солипсистов, т. е. представителей крайнего субъективного идеализма, а под материалистами в сущности вульгарных материалистов, сам Эйлер выступает как против идеалистов, так и против материалистов, не причисляя себя ни к первым, ни ко вторым.

Эйлер неоднократно утверждал неоспоримость существования объективного мира, не зависимого от нашего сознания. Убеждение, что за нашими ощущениями существует вызвавшая их объективная причина, является настолько «естественным», что его разделяют не только все взрослые люди, но и младенцы и даже все животные, так что это не может быть «предубеждением» (письмо от 27.I. 1761 г.).

В другом месте того же письма Эйлер отмечает, что если бы крестьянин усомнился в существовании правительственного чиновника «... хотя бы он был перед ним», то его бы приняли за сумасшедшего,. . «но как только философ выступает с такими мнениями, он хочет, чтобы восхищались его умом и его познаниями».

Можно сказать, что Эйлер в основном стоял на позициях философского материализма XVIII века и в этом его несомненная заслуга; он придерживался теории «наивного реализма», как идеалисты презрительно называют естественное убеждение в существовании объективного мира, хотя его позиция и не была всегда тверда и последовательна. Между тем, критерий практики является решающим аргументом в этом вопросе.

Повседневный опыт, тысячекратно повторявшиеся наблюдения закрепляли в сознании людей убеждение, что предметы внешнего мира существуют независимо от человека, что ощущения и представления человека говорят о том, что́ существует вне человека и воздействует на него. Этот естественный вывод и был впоследствии сознательно положен в основу философского материализма, как указывал Ленин. (Соч., т. 14, 4 изд., стр. 58).

Высмеивая идеалистов, Ленин писал: «Наивный реализм» всякого здорового человека, не побывавшего в сумасшедшем доме или в науке у философов-идеалистов (отмечаю почти полное совпадение в этом месте слов Ленина с аналогичными высказываниями Эйлера), состоит в том, что вещи, среда, мир существуют независимо от нашего ощущения, от нашего сознания, от нашего Я и от человека вообще». (Соч., т. 14, 4 изд., стр. 57).

В этой небольшой статье мы остановимся главным образом на учении Эйлера об абстракции.

Гносеологические вопросы решались им, в основном, в материалистическом аспекте.

Как мы уже знаем, Эйлер неоднократно повторял, что ощущения «вызывают...» в нашем интеллекте убеждение в действительном существовании вне нас реальных предметов» (письмо от 7. IV. 1761 г.).

Как же происходит познавание по Эйлеру? «Душа (т. е. интеллект) обнаруживает способность, называемую абстракцией, действующую, когда душа фиксирует внимание только на количестве или качестве объекта, которое отделяется ею от объекта и рассматривается как если бы оно не было связано с объектом» (письмо от 7. II 1761 г.).

«Эти идеи, полученные путем абстракции, носят название понятий, чтобы их отличить от чувственных идей (т. е. представлений), которые нам изображают предметы реально существующие» (там же).

В этом предложении Эйлера выражена та правильная мысль, что представление возникает в нашем сознании в виде наглядных образов, понятия же лишены конкретной наглядности, их материальной оболочкой является слово.

Эйлер отмечает далее, что понятие выражает общие и притом характерные признаки множества отдельных индивидуальных предметов, более общее понятие он называет родом, менее общее — видом: «...так, понятие дерева... есть понятие общее и охватывает представления груши, яблони и вообще любого дерева, существующего в действительности... это слово (т. е. дерево) существует только в моей душе (сознании); это только идея (т. е. мысль), но идея, которая реализуется в бесконечном множестве предметов... Слова род и вид означают примерно то же; но род общее́ и заключает в себе несколько видов» (там же). В качестве при-

мера рода Эйлер приводит понятие дерева, в качестве вида — понятия груши, яблони, дуба, сосны и т. д.

Этой способности нашего интеллекта, способности образовывать понятия мы обязаны всеми нашими знаниями; «без этих общих понятий мы не отличались бы от животных», совершенно правильно заключает Эйлер.

«...понятия высший продукт мозга, высшего продукта материи», — говорит Ленин («Философские тетради», 1947, стр. 143).

И понятия человека взяты не с потолка, не из его духа, не врождены ему, не подарены богом, а получены только путем отвлечения от реальных предметов — это вполне ясно следует из рассуждений Эйлера: «Понятие числа имеет то же происхождение: увидев два или три человека или других объекта, интеллект образует понятие «двух» или «трех», которые больше не связываются с этими людьми» (письмо от 7.II 1761 г.).

Сопоставим с этим высказыванием Эйлера слова Энгельса: «П о н я т и е ч и с л а (разрядка наша) и фигуры взяты не откуда-нибудь, а только из действительного мира... а не возникли в голове из чистого мышления» (Анти-Дюринг, 1950, стр. 37).

Десять пальцев, на которых люди учились считать, явились основой десятичного счисления.

В понятиях отражаются предметы и явления реального мира в их существенных, необходимых признаках и отношениях — учит нас диалектический материализм.

Примерно так представляет себе сущность понятий и Эйлер: «... чем понятие более общее, тем менее охватывает оно признаков, составляющих сущность, и, как следствие, легче познать эту сущность; мы легче схватываем, что такое дерево вообще, чем что такое вишня или яблоня, которые являются видами... и когда я говорю: предмет, который я вижу в саду — это дерево, я не ошибаюсь, но я скорей мог бы ошибиться, если б сказал, что это вишня. Следовательно я лучше знаю сущность дерева вообще, чем его виды; я легче спутаю вишню со сливой, чем дерево с камнем» (письмо от 21. IV 1761 г.).

Научные абстракции суть «...с о к р а щ е н и я, в которых мы охватываем, сообразно их общим свойствам, множество различных чувственно воспринимаемых вещей», — говорит Энгельс («Диалектика природы», 1948, стр. 189).

Эйлер ясно сознает все громадное значение абстракций для науки, для познания мира: он выражает свое мнение в таких четких и, можно сказать, пророческих словах: «... все науки опираются принципиально на общие понятия, которые не более реальны, чем предмет геометрии... и даже заслуга каждой науки будет тем более великой, чем более она поднимается (восходит) к более общим понятиям, т. е. более абстрактным» (письмо от 25. IV 1761 г.)

Это глубокая мысль. Вспомним, что именно исключительная абстрактность современной математики с ее алгеброй, как наукой об арифметических операциях над элементами любой природы, с ее n-мерными и бесконечно-мерными абстрактными пространствами, делает ее ближе к действительности, позволяет ей охватить большее разнообразие реальных явлений и изучать их с меньшей степенью схематизации, чем это могла делать классическая математика. Приведу один пример: теория релейно-контактных схем, широко используемых в автоматических устройствах и электронно-счетных машинах, основывается на одном из наиболее абстрактных отделов современной математики, на математической логике.

«Мышление, — писал Ленин, — восходя от конкретного к абстрактному, не отходит — если оно правильное — от истины, а подходит к ней. Абстракция материи, закона природы, абстракция стоимости и т. д... отражают природу глубже, вернее, полнее» («Философские тетради», 1947, стр. 146).

Во времена Эйлера течение голого эмпиризма, всеиндуктивность, завоевывало себе все большее количество сторонников. Неумеренные последователи Ньютона провозгласили лозунг: «изгнать гипотезы из физики». Ньютонианцы, снижая роль теоретического мышления в естествознании, принесли немало вреда науке. Этим объясняется резкая характеристика, данная однажды Ньютону Энгельсом, назвавшим его «индуктивным ослом». Эйлер в своих «Письмах» резко выступал против ползучего эмпиризма, обожествления одних голых фактов. Он писал: «Есть люди, которые отказываются чему-либо верить или что-либо признавать, если они не видят его своими глазами и не трогают руками; все, что доказывается им путем рассуждений, наиболее обоснованных, кажется им всегда подозрительным, если это не поставят перед их глазами. Этим обычно отличаются химики, анатомы и физики, поглощенные только своими опытами. Все, что они не могут растопить в своих ретортах или разрезать скальпелем, не производит никакого впечатления на их ум. Сколько бы им не говорили о свойствах или природе интеллекта, они ни с чем не соглашаются, пока нет воздействия на их органы чувств (письмо от 4.IV 1761 г.).

Великий Ломоносов являлся единомышленником Эйлера в этом отношении: он выступал против ученых-эмпириков, не идущих дальше констатации внешней формы явлений и отвергавших значение теоретического мышления в процессе познания природы. Считая, что опыт без теории слеп, Ломоносов говорил, в частности: «Истинный химик должен быть теоретиком и практиком» (Избранные философские произведения, 1950, стр. 71).

Сам же Эйлер признает и логическое доказательство и свидетельство опыта. Это вытекает из его учения об источниках знания. Наше знание основывается по Эйлеру на следующих трех источниках истинности, истины бывают трех родов: истины чувств, истины разума и истины веры. Доказательства первого рода сводятся к показаниям наших чувств: «Я знаю, что магнит притягивает железо, так как я это вижу и это опыт мне доказывает бессомнительно. Такие истины называются чувственными и основываются они на наших чувствах или опыте; доказательства второго рода базируются на рассуждении: «когда я могу сказать: это правда, так как я могу это доказать посредством справедливого рассуждения или с помощью законных силлогизмов. Этот род истин связан с логикой, которая нам дает правила верного рассуждения». В качестве примера Эйлер берет геометрическую истину: равенство углов треугольника двум прямым. «Такие истины называются интеллектуальными, сюда относятся все положения геометрии и других наук, если их можно обосновать доказательством». К последнему роду Эйлер относит истины веры, принимаемые благодаря свидетельству одного или нескольких лиц, достойных веры. К этому роду он относит истины исторические, как например, существование Александра Македонского или факт занятия Берлина русскими и австрийцами в семилетнюю войну (письмо от 31.III 1761 г.).

Прежде всего мы должны заметить, что истины третьего рода не составляют независимый тип, так как, хотя и опосредственно, они покоятся, как и первые, на показаниях внешних чувств. Но может Эйлер различает

два совершенно независимых истока знания: свидетельство наших чувств и чистое мышление из себя?

Мы знаем, что диалектический материализм считает практику основным и в конечном счете единственным критерием истины.

Логическое доказательство также базируется в конечном счете на практике, на опыте трудовой человеческой деятельности: об этом свидетельствуют, во-первых, тот факт, что сами законы и формы мышления неразрывно связаны с объективной действительностью, с общественной практикой («практика человека, — писал Ленин, — миллиарды раз повторяясь, закрепляется в сознании человека фигурами логики»), во-вторых, само логическое доказательство есть, по существу, опосредствованное доказательство практикой, так как опирается в конце концов на реальную модель, так математические доказательства основываются на непротиворечивой системе аксиом, в свою очередь базирующейся на системе аксиом арифметики, проверенную тысячелетним опытом человечества.

Теперь дадим слово самому Эйлеру: человек делает опыт с камнем, он его не удерживает и камень падает, спрашивается: произойдет ли это снова при тех же обстоятельствах и было ли это час тому назад, если бы человек не стал камень удерживать? Следует сказать — неизвестно. Но человек, сделав много подобных опытов, заключает: «...отсюда можно вывести, что все камни имеют свойство падать вниз, будучи выпущены или лишены поддержки. Вот следствие, которое человек извлекает из произведенного опыта» (письмо от 18.IV 1761 г.).

Эйлер далее говорит, что хотя он не испытывал камней, лежащих в основании собора в городе Магдебурге, он уверен, что они также упадут. «Этот пример показывает, — говорит далее Эйлер, — что хотя опыт и производится только над отдельными предметами, он приводит людей к весьма общим выводам, но конечно следует прибавить, что разум и другие свойства души примешиваются так, что весьма трудно в этом разобраться».

Как видим, у Эйлера, так же как, например, и у Аристотеля и Локка, наряду с внешними чувствами, дающими нам знание, фигурирует разум, духовное начало.

«По этому поводу (идет речь об опыте с камнем) следует заявить, что простой народ имеет гораздо больше здравого смысла, чем те щепетильные философы, которые настаивают на сомнении во всем» (письмо от 18.IV 1761 г.).

Не направлены ли эти слова против Декарта, исходным пунктом философии которого было признание только своего Я и сомнение во всем остальном?

Некоторые более умеренные (и более непоследовательные) идеалисты допускают существование внешнего мира, но считают, что наши чувства не могут нам доставить достоверные знания о нем. Чувства — это не окна во внешний мир, а перегородки, отделяющие нас от этого мира. Такова, например, точка зрения Канта о существовании «вещей в себе», не доступных нашему познанию. Одним из излюбленных аргументов в пользу недостоверности чувственного познания является аргумент об обмане чувств. Эйлер возражал против этого, указывая, что чувственные обманы обнаруживаются нашими же чувствами, что мы имеем возможность контролировать свои впечатления и умеем отличать истинное от ложного.

«Было бы весьма странно утверждать, как это делают некоторые философы, — говорит Эйлер, — что сущность тел вообще нам неизвестна.

Если б это было так, мы никогда не были б в состоянии сказать, является ли это телом или нет; а так как мы в этом отношении не ошибаемся, то, следовательно, мы познаем достаточно природу или сущность тел вообще» (письмо от 21.IV 1761 г.).

Мы видим, что Эйлер, как представитель передовой науки того времени, боролся с агностицизмом и обскурантизмом.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

И. А. ЭЗРОХИ

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВ СО СЛАБО КОМПАКТНОЙ ЕДИНИЧНОЙ СФЕРОЙ

Эта работа посвящена линейной размерности некоторых конкретных пространств. Полученные результаты представляют интерес в том смысле, что дополняют некоторые теоремы о линейной размерности конкретных пространств, установленные С. Банахом—С. Мазуром.

Кроме того, в работе мы касаемся некоторых вопросов, связанных с линейными операциями, в предположении, что либо пространство, в котором определена операция, либо пространство, из которого берутся значения, имеет слабо компактную единичную сферу.

Лемма 1. Если единичная сфера пространства X типа B слабо компактна, то 1) всякое неконечномерное линейное замкнутое его подпространство линейно несравнимо ни с пространством (l), ни с пространством (c); 2) если $Y \subset X$ линейно сравнимо с пространством L или C, то заведомо обладает меньшей линейной размерностью, чем L или C.

Доказательство. Допустим, что вопреки утверждению некоторое линейное замкнутое и неконечномерное множество $Y \subset X$ линейно сравнимо с пространством (l). Это значит, что имеет место одно из неравенств:

$$\dim_l l \leqslant \dim_l Y \qquad (1),$$
$$\dim_l Y < \dim_l l \qquad (2).$$

Пусть, скажем, выполняется неравенство (1), так что пространство (l) изоморфно замкнутому линейному множеству $Z \subset Y \subset X$; отсюда уже ясно, что множество Z будет сепарабельным. Так как слабая компактность единичной сферы пространства X влечет слабую компактность единичной сферы пространства Z, а ввиду замкнутости последнего слабую компактность замкнутой единичной сферы Z, то пространство Z регулярно [6, стр. 112]. А тогда таково же должно быть пространство (l), что не имеет места [6, стр. 110].

Остается опровергнуть (2). Но это неравенство в силу известной теоремы Банаха [1] влечет конечномерность множества Y, что противоречит предположению. Этим доказана первая часть леммы по отношению к пространству (l). Для пространства (c) рассуждения те же.

Допустим теперь, что линейное замкнутое неконечномерное множество $Y \subset X$ линейно сравнимо с пространством L или C и, вопреки утверждению,

$$\dim_l C \leqslant \dim_l Y \text{ или } \dim_l L \leqslant \dim_l Y\,^*.$$

* По поводу обозначений см. С. Банах [1] и И. А. Эзрохи [6].

Выполнение одного из этих неравенств влечет изоморфизм пространства L или C с линейным замкнутым (и, очевидно, сепарабельным) подпространством $Z \subset Y \subset X$. Отсюда, как и в предыдущем рассуждении, мы получим, что прстранство L или C должно быть регулярно, чего нет. Этим лемма доказана.

Теорема 1. Пространства (c) и (l^p) при $p \geqslant 1$ линейно несравнимы.

Доказательство. Для $p > 1$ линейная несравнимость пространства (c) и (l^p) непосредственно следует из леммы: так как пространство (l^p) $p > 1$ регулярно, то его замкнутая единичная сфера слабо компактна [6, стр. 113].

Как известно, неравенство $\dim_l c > \dim_l l$ невозможно [1, стр. 194]. Поэтому для доказательства линейной несравнимости пространств (l) и (c) достаточно установить невозможность неравенства $\dim_l l < \dim_l c$. Если допустить это неравенство, т. е. допустить, что пространство (l) изоморфно линейному замкнутому множеству $\Gamma \subset (c)$, то отсюда, в силу известной теоремы Банаха [1, стр. 188] следовало бы, что пространство (m) изоморфно замкнутому линейному подпространству $\Gamma^* \subset (l) = (c)^*$. А это, очевидно, невозможно, ибо (m) не сепарабельно, в то время как (l) сепарабельно.

Теорема 2. Пространства (l^p) и (l^q), где $p \geqslant 1$, $q \geqslant 1$, $p \neq q$, линейно несравнимы.

Эта теорема для $p, q > 1$ доказана Банахом [1, стр. 205], для $p > q = 1$ она непосредственно следует из леммы 1.

Теорема 3. Пространства L^p (где $p \geqslant 1$) и (c) линейно несравнимы.

Доказательство. Линейная несравнимость пространства L^p при $p > 1$ и (c) следует из леммы 1 (так как L^p, $p > 1$ — регулярны).

Так как неравенство $\dim_l L < \dim_l c$ невозможно [1, стр. 194], то остается лишь опровергнуть неравенство $\dim_l c < \dim_l L$. Оно означает, что пространство (c) изоморфно линейному замкнутому множеству $\Gamma \subset L$.

Так как пространство L слабо полно [1, стр. 141—143], то таково же множество $\Gamma \subset L$ [1, стр. 134]. Отсюда изоморфизм пространства (c) и множества $\Gamma \subset L$ влечет слабую полноту (в смысле Банаха) единичной сферы пространства (c). Действительно, возьмем любую последовательность $\{x_n\} \subset c$, $\|x_n\| \leqslant 1$, для которой существует конечный предел $\lim\limits_{n \to \infty} f(x_n)$ для всех $f \in (c)^*$. Этой последовательности отвечает последовательность $\{y_n\} \subset \Gamma$, $y_n = V(x_n)$, где операция $y = V(x)$ осуществляет предполагаемый изоморфизм, $\|y_n\| \leqslant \|V\|$ $(n = 1, 2, \ldots)$. Непосредственно ясно, что для последовательности $\{y_n\}$ существует конечный предел $\lim\limits_{n \to \infty} \varphi(y_n)$, а тогда в силу слабой полноты множества Γ найдется точка y такая, что

$$\lim_{n \to \infty} \varphi(y_n) = \varphi(y) \text{ для всех } \varphi \in \Gamma^*.$$

Отсюда, по известной теореме Банаха [1, стр. 143] $\lim\limits_{n \to \infty} f(x_n) = f(x)$ для всех $f \in (c)^*$,
где: $x = V^{-1}(y)$.

Итак, допустив выполнение неравенства $\dim_l c \leqslant \dim_l L$, мы получили слабую полноту единичной сферы пространства (c), а стало быть в силу теоремы [6], его регулярность [ибо $(c)^*$ сепарабельно], что не имеет места.

Теорема 4. Пространства L^p (при $p > 1$) и (l) линейно несравнимы.

Эта теорема является простым следствием леммы 1, так как $L^p (p > 1)$ обладает слабо компактной единичной сферой.

Теорема 5. Если $1 \leqslant p \neq 2$, то $\dim_l L^2 < \dim_l L^p$.

Для $p > 1$ эта теорема доказана Банахом [1, стр. 203]. По сути дела там же доказано, что $\dim_l L^2 \leqslant \dim_l L^p$, $p \geqslant 1$. Стало быть, нужно доказать невозможность неравенства $\dim_l L \leqslant \dim_l L^2$. Это же непосредственно следует из леммы 1, если учесть, что пространство L^2 регулярно, а значит, его единичная сфера слабо компактна.

Теорема 6. Имеют место следующие неравенства:

$$\dim_l C > \dim_l L^p \quad (p \geqslant 1), \quad \dim_l C > \dim_l c,$$
$$\dim_l C > \dim_l l^p \quad (p \geqslant 1)^*.$$

Доказательство. В силу известной теоремы Банаха об универсальности пространства C, нам достаточно доказать, что неравенства $\dim_l C \leqslant \dim_l L^p$ $(p \geqslant 1)$, $\dim_l C \leqslant \dim_l c$ и $\dim_l C \leqslant \dim_l l^p$ $(p \geqslant 1)$ не имеют места. Впрочем, в силу [7] стр. 108 и [1] гл. XII теор. 9 и того, что $\dim_l L^2 = \dim_l l^2$ можно ограничиться доказательством невозможности неравенств.

$$\dim_l C \leqslant \dim_l L^p \quad (p \geqslant 1) \tag{3}$$
$$\dim_l C \leqslant \dim_l c \tag{4}$$

Из леммы 1 следует, что неравенство (3) не может иметь места для $p > 1$ (L^p регулярно, а значит, единичная сфера слабо компактна). Если мы допустим, что неравенство (3) имеет место для $p = 1$, то будем иметь $\dim_l c \leqslant \dim_l C \leqslant \dim_l L$, т. е. что $\dim_l c \leqslant \dim_l L$. Последнее же невозможно (см. теорему 3), следовательно, и неравенство (3) невозможно.

Если мы допустим, что неравенство (4) имеет место, то будем иметь $\dim_l L \leqslant \dim_l C$ [1, стр. 185], т. е., что $\dim_l L \leqslant \dim_l c$. Так как последнее неравенство невозможно [теорема 3], то невозможно и неравенство (4), что и требовалось доказать.

Линейную операцию $y = u(x)$, отображающую пространство X типа B в пространство Y типа B, будем называть слабо вполне непрерывной**, если каждое ограниченное множество из X она отображает в слабо компактное множество в Y.

Лемма 2. Если единичная сфера X слабо компактна, то всякая линейная операция $y = u(x)$, отображающая пространство X в Y, слабо вполне непрерывна.

Доказательство. Очевидно, что линейная операция $y = u(x)$ отображает каждое ограниченное множество элементов пространства X в ограниченное же множество пространства Y.

Возьмем любую ограниченную последовательность $\{x_n\} \subset X$ $(n = 1, 2, \ldots)$ и соответствующую ей последовательность значений $\{y_n\} \subset Y$, $y_n = u(x_n)$. В силу нашего предположения последовательность $\{x_n\}$ содержит подпоследовательность $\{x_{n_i}\}$, слабо сходящуюся к некоторому элементу $x \subset X$ (при $i \to \infty$). Тогда, в силу известной теоремы Банаха [1, стр. 14], соответствующая последовательность $\{y_{n_i}\} \subset Y$, где $y_{n_i} = u(x_{n_i})$ также слабо сходится к y, где $y = u(x)$, что и требовалось доказать.

Отсюда непосредственно следует:

Теорема 7. Пусть в пространстве Y слабая сходимость элементов совпадает со сходимостью по норме. Тогда линейная операция $y = u(x)$, отображающая пространство X типа B, единичная сфера которого слабо компактна, в пространство Y, вполне непрерывна.

---

* Для p=1 эта теорема доказана S. Banach'om — S. Mazur'om [7].

** См., например, В. Гантмахер [3].

Эта теорема обобщает теорему И. М. Гельфанда [4, стр. 272], где речь идет об операциях со значениями лишь в пространстве (l) и отличается доказательством.

Теорема 8. Пусть пространство Y таково, что в пространстве Y^* слабая сходимость совпадает со сходимостью по норме. Тогда всякая линейная операция $X = v(y)$, отображающая пространство Y типа B в пространстве X типа B, единичная сфера которого слабо компактна, вполне непрерывна.

Доказательство непосредственно получается из предыдущей теоремы, если учесть, что, во-первых, единичная сфера пространства X слабо компактна тогда и только тогда, когда слабо компактна единичная сфера пространства X^* по отношению к X^{**} [2], и, во-вторых, что линейная операция вполне непрерывна одновременно с сопряженной [1, стр. 100].

ЛИТЕРАТУРА

1. Банах С. С., Theorie des operations lineaires, Warszawa, 1932.
2. Гантмахер В. и Шмульян В., ДАН, СССР, XV, 11. №3, 1937.
3. Гантмахер В., Матем. сборник, 7(49), 2 (1940).
4. Гельфанд И. М., Матем. сборник, 4(46), 2 (1938).
5. Эзрохи И. А., Диссертация, ЛГУ, 1947.
6. Эзрохи И. А., Некоторые типы линейных соответствий пространств Банаха, Ученые записки ЛГУ, серия матем. наук, вып. 16, N 111, 1949.
7. S. Banach — S. Mazur, Studia Mathematika, IV, 1933.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

С. Т. ДЗЮБЕНКО

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ КВАДРАТУРЫ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ РАЗЛОЖЕНИЕМ РАЗНОСТИ МЕЖДУ ВЕРХНИМ И НИЖНИМ ПРЕДЕЛАМИ ИНТЕГРАЛА В ГЕОМЕТРИЧЕСКУЮ ПРОГРЕССИЮ

Дано множество функций $\{f(x)\}$, определенных на $[a, a+b(\omega)]$ и имеющих на $[a, a+b(\omega)]$ определенные свойства. Вывести асимптотические формулы для вычисления приближенных значений

$$\int_{a}^{a+b(\omega)} f(x)\,dx$$

с наперед заданной точностью, разлагая монотонную непрерывную функцию $b(\omega)$ в специальный ряд, принимая члены этого ряда за промежутки между смежными узлами и вычисляя интеграл в каждом из промежутков или по формуле средних прямоугольников, или по формуле трапеций, или по формуле Симпсона.

В настоящей статье дается решение этой задачи для множества монотонных функций $\{f(x)\}$, имеющих на $[a, a+b(\omega)]$ непрерывные производные соответственно первых двух или первых четырех порядков, причем $b(\omega)$ разлагается в специального вида геометрическую прогрессию.

В вычисления вводятся без изменения требующейся точности приближенного значения интеграла три следующие преобразования:

а) округление многозначных промежутков между узлами;

б) сдвиг абсцисс с повторяющимися в конце них группами цифр, сопровождаемый введением новых промежутков, равных соответственным сдвигам;

в) подготовка значений некоторого параметра p и числа n промежутков между смежными узлами для вычисления интеграла с наперед заданной точностью для более простой из формул (например, для формулы средних прямоугольников или трапеций) и проведение вычислений при найденных значениях p и n по более сложной асимптотической формуле (например, по формуле Симпсона и т. д.).

Первый вариант.

Предложение 1. Представляя в

$$\int_{a}^{a+b(\omega)} f(x)\,dx,$$

где $f(x)$ монотонна и не отрицательна на $[a, a+b(\omega)]$ и имеет непрерывные на $[a, a+b(\omega)]$ производные первых двух или первых четырех порядков, монотонную положительную непрерывную функцию $b(\omega)$ тождественно в виде

$$b(\omega) = \frac{1}{\omega^{\varphi(n)}} \cdot \frac{1}{\frac{\omega}{T(\omega)} - 1} = \frac{1}{\omega^{\varphi(n)}} \sum_{\nu=1}^{\infty} \left[\frac{T(\omega)}{\omega}\right]^{\nu},$$

где

$$\frac{T(\omega)}{\omega} = \frac{b(\omega)\,\omega^{\varphi(n)}}{1 + b(\omega)\,\omega^{\varphi(n)}} \qquad \frac{T(\omega)}{\omega} < 1,$$

$\varphi(n)$ — монотонна, непрерывна и положительна, и, вводя обозначения

$$\lambda_\nu(\omega, n) = \frac{1}{\omega^{\varphi(n)}}\left[\frac{T(\omega)}{\omega}\right]^{\nu} \qquad r_n = \sum_{\nu=n+1}^{\infty} \lambda_\nu(\omega, n) = b(\omega)\,\omega^{\varphi(n)} \lambda_n(\omega, n)$$

$$X_\nu = a + \frac{1}{\omega^{\varphi(n)}} \sum_{k=1}^{\nu}\left[\frac{T(\omega)}{\omega}\right]^{k} \qquad X_{\nu-\frac{1}{2}} = a + \frac{1}{\omega^{\varphi(n)}} \sum_{k=1}^{\nu-1}\left[\frac{T(\omega)}{\omega}\right]^{k} + \frac{1}{2\omega^{\varphi(n)}}\left[\frac{T(\omega)}{\omega}\right]^{\nu},$$

получим следующие формулы:

а) формулу средних прямоугольников

$$\int_a^{a+b(\omega)} f(x)\,dx = \sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu(\omega, n)\, f(X_{\nu-\frac{1}{2}}) + r_n\, f\left[a + b(\omega) - \frac{r_n}{2}\right] + R_n \qquad (1),$$

где

$$R_n = \frac{1}{24}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu^3(\omega, n)\, f''(\eta_\nu) + r_n^3 f''(\eta_r)\right\} = \frac{f''(\xi)}{2!}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu^3(\omega, n) + r_n^3\right\}$$

$$X_{\nu-1} < \eta_\nu < X_\nu \quad a + b(\omega) - r_n < \eta_r < a + b(\omega);$$

б) формулу трапеций

$$\int_a^{a+b(\omega)} f(x)\,dx = \frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu(\omega, n)\,\{f(X_{\nu-1}) + f(X_\nu)\} + \frac{r_n}{2}\{f[a + b(\omega) - r_n] + f[a + b(\omega)]\} + R_n \qquad (2),$$

где

$$R_n = -\frac{1}{12}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu^3(\omega, n)\, f''(\eta_\nu) + r_n^3 f''(\eta_r)\right\} = -\frac{f''(\xi)}{12}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu^3(\omega, n) + r_n^3\right\},$$

в) формулу Симпсона

$$\int_a^{a+b(\omega)} f(x)\,dx = \frac{1}{6}\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu(\omega, n)\,\{f(X_{\nu-1}) + 4f(X_{\nu-\frac{1}{2}}) + f(X_\nu)\} +$$

$$+ \frac{1}{6}\, r_n\left\{f[a + b(\omega) - r_n] + 4f\left[a + b(\omega) - \frac{r_n}{2}\right] + f[a + b(\omega)]\right\} + R_n \qquad (3),$$

где

$$R_n = -\frac{1}{4!\,120}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu^5(\omega, n)\, f^{IV}(\eta_\nu) + r_n^5 f^{IV}(\eta_r)\right\} = -\frac{f^{IV}(\xi)}{4!\,120}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \lambda_\nu^5(\omega, n) + r_n^5\right\}$$

Формулы (1), (2) и (3) справедливы на основании теоремы о полной аддитивности интеграла.

Примечание 1. Ряды, соответствующие частичным суммам, стоящим в правой части формул (1), (2) и (3), называются асимптотически представляющими

$$\int_a^{a+b(\omega)} f(x)\,dx$$

при фиксированном значении n и $\omega \to \infty$, если $\lim_{\omega\to\infty} \omega^n R_n = 0$.*

Необходимый признак асимптотичности в условиях предложения 1-го заключается в справедливости формул (1), (2) и (3) при $f(x) = x^m$, где m произвольное вещественное число, если нуль не лежит на отрезке интегрирования, и $m \geqslant 2$ в формулах средних прямоугольников и трапеций и $m \geqslant 4$ в формуле Симпсона, если нуль лежит на этом отрезке.

Первый достаточный признак асимптотичности. Для того, чтобы формулы (1) и (2) средних прямоугольников и трапеций асимптотически представляли

$$\int_a^{a+b(\omega)} f(x)dx$$

при $\omega \to \infty$, достаточно, чтобы при $|f''(\xi)| < \infty$ на $[a, a+b(\omega)]$

$$\varphi(n) \geqslant \frac{n}{3} \text{ и } [T(\omega)]^\nu \leqslant \omega^{-\frac{\nu}{\tau}+\nu} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n) \quad 1 < \tau < \infty,$$

а для асимптотичности формулы Симпсона достаточно, чтобы при

$$|f^{IV}(\zeta)| < \infty \quad \text{на} \quad [a, a+b(\omega)]$$

$$\varphi(n) \geqslant \frac{n}{5} \text{ и } [T(\omega)]^\nu \leqslant \omega^{-\frac{\nu}{\tau}+\nu} \qquad (\nu = 1, 2, \ldots, n) \quad 1 < \tau < \infty$$

Действительно, в условиях предложения для формулы средних прямоугольников имеем

$$\omega^n R_n = \frac{\omega^n}{24}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \frac{1}{\omega^{3\varphi(n)}}\left[\frac{T(\omega)}{\omega}\right]^{3\nu} f''(\eta_\nu) + r_n^3 f''(\eta_r)\right\} \leqslant$$

$$\leqslant \frac{M\omega^n}{24}\left\{\sum_{\nu=1}^{n} \frac{\omega^{-\frac{3\nu}{\tau}}}{\omega^{3\varphi(n)}} + \left[\sum_{\nu=n+1}^{\infty} \frac{\omega^{-\frac{\nu}{\tau}}}{\omega^{\varphi(n)}}\right]^3\right\} =$$

$$= \frac{M\omega^n}{24\omega^{3\varphi(n)}}\left\{\frac{\omega^{-\frac{3}{\tau}}\left(1-\omega^{-\frac{3n}{\tau}}\right)}{1-\omega^{-\frac{3}{\tau}}} + \frac{\omega^{-\frac{3(n+1)}{\tau}}}{\left(1-\omega^{-\frac{1}{\tau}}\right)^3}\right\},$$

где $M = f''(\xi)$. Если $\varphi(n) \geqslant \frac{n}{3}$, то при $\omega\to\infty$ $\omega^n R_n \to 0$, что и доказывает достаточность указанных условий.

Аналогично убеждаемся в достаточности указанных условий для формулы трапеций и формулы Симпсона.

---

* См. список литературы, 6.

Примечание 2. В условиях первого признака асимптотичности при $1 < \omega \to \infty$ и фиксированном значении n выражение, стоящее в правой части неравенства

$$R_n \leqslant \frac{M}{24\omega^{3\varphi(n)}}\left\{\frac{\omega^{-\frac{3}{\tau}}(1-\omega^{-\frac{3n}{\tau}})}{1-\omega^{-\frac{3}{\tau}}} + \frac{\omega^{-\frac{3(n+1)}{\tau}}}{(1-\omega^{-\frac{1}{\tau}})^3}\right\} \qquad (4),$$

где $\varphi(n) \geqslant \frac{n}{3}$ представляет собою бесконечно малую величину, главным членом которой является

$$\frac{M\omega^{-\frac{3}{\tau}}}{24\,\omega^{3\varphi(n)}(1-\omega^{-\frac{3}{\tau}})} \sim \frac{M}{24}\omega^{-3\varphi(n)-\frac{3}{\tau}}.$$

Поэтому в условиях первого признака асимптотичности для формулы средних прямоугольников $R_n < \frac{M}{24}\omega^{-3\varphi(n)-\frac{3}{\tau}}$.

Аналогично для формулы трапеций

$$R_n < \frac{M}{12}\omega^{-3\varphi(n)-\frac{3}{\tau}}, \text{ где } M = f''(\xi),$$

и для формулы Симпсона

$$R_n < \frac{M}{4!\,120}\omega^{-5\varphi(n)-\frac{5}{\tau}}, \text{ где } M = f^{IV}(\xi).$$

Примечание 3. Для того, чтобы в условиях первого признака асимптотичности дополнительный член R_n был меньше положительного малого числа ε, достаточно, чтобы

а) в формуле средних прямоугольников

$$\omega^{\varphi(n)} > \sqrt[3]{\frac{M}{24\varepsilon}} - \frac{1}{b(\omega)} \qquad (5),$$

б) в формуле трапеций

$$\omega^{\varphi(n)} > \sqrt[3]{\frac{M}{12\varepsilon}} - \frac{1}{b(\omega)} \qquad (6),$$

в) в формуле Симпсона

$$\omega^{\varphi(n)} > \sqrt[5]{\frac{M}{4!120\varepsilon}} - \frac{1}{b(\omega)} \qquad (7).$$

Справедливость примечания следует из того, что при выполнении неравенств (5), (6) и (7) главный член, входящий в R_n, меньше ε, а потому и $R_n < \varepsilon$.

Предложение 2. Для вычисления $\int_a^b f(x)dx$ с постоянными пределами по формулам (1), (2) и (3) достаточно принять, что разность пределов

$$b-a = b(\omega_1) = \frac{1}{\omega_1^{\varphi(n)}} \cdot \frac{1}{\frac{\omega_1}{T(\omega_1)}-1} = \frac{1}{p}\sum_{\nu=1}^{\infty}\left[\frac{T(\omega_1)}{\omega_1}\right]^{\nu},$$

где: $p = \omega_1^{\varphi(n)}$.

Тогда $\frac{T(\omega_1)}{\omega_1} = \frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}$, $\quad r_n = (b-a)\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^n$

и

$$b-a=\frac{1}{p}\left\{\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}+\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^2+\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^3+\ldots\right\}.$$

В этих обозначениях формулы (1), (2) и (3) принимают следующий вид:
а) формула средних прямоугольников

$$\int_a^b f(x)\,dx=\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu} f\left\{a+\sum_{k=1}^{\nu-1}\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{k}+\right.$$
$$\left.+\frac{1}{2p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu}\right\}+r_n f\left(b-\frac{r_n}{2}\right)+R_n \qquad (8),$$

б) формула трапеций

$$\int_a^b f(x)\,dx=\frac{1}{2}\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu}\left[f\left\{a+\frac{1}{p}\sum_{k=1}^{\nu-1}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{k}\right\}+\right.$$
$$\left.+f\left\{a+\frac{1}{p}\sum_{k=1}^{\nu}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{k}\right\}\right]+\frac{1}{2}r_n\{f(b-r_n)+f(b)\}+R_n \qquad (9),$$

в) формула Симпсона

$$\int_a^b f(x)dx=\frac{1}{6}\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu}\left[f\left\{a+\frac{1}{p}\sum_{k=1}^{\nu-1}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{k}\right\}+\right.$$
$$+4f\left\{a+\frac{1}{p}\sum_{k=1}^{\nu-1}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{k}+\frac{1}{2p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu}\right\}+f\left\{a+\right.$$
$$\left.\left.+\frac{1}{p}\sum_{k=1}^{\nu}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{k}\right\}\right]+\frac{r_n}{6}\left\{f(b-r_n)+4f\left(b-\frac{r_n}{2}\right)+f(b)\right\}+R_n \qquad (10).$$

Примечание 4. Разность между погрешностью (4) и главным членом этой погрешности представляет бесконечно малую величину высшего порядка и должна быть равна малой доле $\delta=\delta(\omega)$ этого главного члена, причем $\delta\to 0$ при $\omega\to\infty$. Поэтому, полагая

$$A=\omega_1^{-\frac{1}{\tau}}=\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)},$$

имеем

$$\frac{M}{24p^3}\left\{\frac{A^3(1-A^{3n})}{1-A^3}+\frac{A^{3(n+1)}}{(1-A)^3}\right\}-\frac{A^3M}{24p^3}=\frac{A^3\delta M}{24p^3},$$

откуда для формулы средних прямоугольников

$$n=\frac{lg\,[(1-A)^2(\delta-\delta A^3-A^3)]-lg3A}{3lgA} \qquad (11),$$

где $n\geqslant 1$ и поэтому

$$\frac{A^3}{1-A^3}<\delta<\frac{A^3}{(1-A)^3} \qquad (12).$$

Это же соотношение имеет место и для формулы (9) трапеций. Аналогично для формулы (10) Симпсона

$$n=\frac{lg\,(1-A)^5\,[\delta(1-A^5)-A^5]-lg[1-A^5-(1-A)^5]}{5lgA} \qquad (13),$$

где $n \geqslant 1$ и потому

$$\frac{A^5}{1-A^5} < \delta < \frac{A^5}{(1-A)^5}. \tag{14}$$

Примечание 4. Для того, чтобы дополнительный член r_n в разложении разности верхнего и нижнего пределов интеграла был меньше первого промежутка между узлами

$$r_n < \frac{1}{p} \cdot \frac{p(b-a)}{1+p(b-a)},$$

необходимо и достаточно, чтобы

$$n > \frac{\lg[1+p(b-a)]}{\lg[1+p(b-a)] - \lg p(b-a)}. \tag{15}$$

В необходимости убеждаемся, переписывая неравенство

$$\frac{1}{p}\sum_{\nu=n+1}^{\infty}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu} < \frac{1}{p} \cdot \frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}$$

в виде

$$\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{n+1} \cdot \frac{1}{1-\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}} < \frac{1}{p} \cdot \frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}$$

и вычисляя из полученного соотношения n.

Достаточность вытекает из того, что если

$$n > \frac{\lg[1+p(b-a)]}{\lg[1+p(b-a)] - \lg p(b-a)},$$

то

$$\lg\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{n} < \lg\frac{1}{1+p(b-a)},$$

откуда

$$\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{n+1} \cdot \frac{1}{1-\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}} < \frac{1}{p} \cdot \frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}$$

и потому

$$\frac{1}{p}\sum_{\nu=n+1}^{\infty}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu} < \frac{1}{p}\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}.$$

Второй достаточный признак асимптотичности. Для того, чтобы формула (1) средних прямоугольников асимптотически представляла

$$\int_a^{a+b(\omega)} f(x)\,dx$$

при вычислении его с точностью до малого положительного числа $\omega^{-n-\alpha}$, где $\omega > 1$; $\alpha > 0$, а n — число промежутков между смежными узлами, достаточно, чтобы при $M = \sup|f''(x)| < \infty$ на $[a, a+b(\omega)]$ наибольший член $\frac{M}{24}\lambda_1^3(\omega, n)$ в выражении погрешности этой формулы и погрешность.

соответствующая дополнительному члену r_n в разложении $b(\omega)$, удовлетворяли условию

$$\frac{M}{24}\lambda_1^3(\omega, n) < \frac{\omega^{-n-\alpha}}{n+1} \qquad \frac{M}{24} r_n^3 < \frac{\omega^{-n-\alpha}}{n+1}.$$

Действительно, в условиях второго достаточного признака погрешность R_n формулы средних прямоугольников $R_n < \omega^{-n-\alpha}$. Поэтому

$$\lim_{\omega\to\infty} \omega^n R_n = \lim_{\omega\to\infty} \omega^n\, o(\omega^{-n}) = 0.$$

Аналогично для асимптотичности формулы (2) трапеций достаточно, чтобы при $M = \sup|f''(x)| < \infty$ на $[a, a + b(\omega)]$

$$\frac{M}{12}\lambda_1^3(\omega, n) < \frac{\omega^{-n-\alpha}}{n+1} \qquad \frac{M}{12} r_n^3 < \frac{\omega^{-n-\alpha}}{n+1}$$

и для формулы (3) Симпсона при $M = \sup|f^{IV}(x)| < \infty$ на $[a, a + b(\omega)]$

$$\frac{M}{4!\,120}\lambda_1^5(\omega, n) < \frac{\omega^{-n-\alpha}}{n+1} \qquad \frac{M}{4!\,120} r_n^5 < \frac{\omega^{-n-\alpha}}{n+1}.$$

Примечание 6. В обозначениях предложения второго из соотношения $\frac{M}{24}\left\{\frac{1}{p^3}\sum_{\nu=1}^{n} A^{3\nu} + r_n^3\right\} = \varepsilon$, где $A = \frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}$ находим, полагая $r_n = (b-a)A^{\iota}$ и $p = \frac{A}{(b-a)(1-A)}$, что для формулы средних прямоугольников

$$n = \frac{lg\,[\gamma(1-A^3) - (1-A)^3] - lg\,[1 - A^3 - (1-A)^3]}{3\,lg\,A} \qquad (16),$$

где

$$\gamma = \frac{24\varepsilon}{M(b-a)^3},$$

Соотношение (16) имеет место также и для формулы (9) трапеций, причем

$$\gamma = \frac{12\varepsilon}{M(b-a)^3}. \qquad (17)$$

Аналогично для формулы Симпсона

$$n = \frac{lg\,[\gamma(1-A^5) - (1-A)^5] - lg\,[1 - A^5 - (1-A)^5]}{5\,lg\,A} \qquad (18),$$

где

$$\gamma = \frac{4!\,120\,\varepsilon}{(b-a)^5 M} \qquad (19)$$

Примечание 7. Условия, выражаемые вторым достаточным признаком асимптотичности, в обозначениях предложения 2-го могут быть написаны для формулы средних прямоугольников следующим

образом

$$p > \frac{1}{2}\sqrt[3]{\frac{M(n+1)}{3\varepsilon}} - \frac{1}{b-a} \qquad r_n < 2\sqrt[3]{\frac{3\varepsilon}{M(n+1)}},$$

аналогично для формулы трапеций

$$p > \sqrt[3]{\frac{M(n+1)}{12\varepsilon}} - \frac{1}{b-a} \qquad r_n < \sqrt[3]{\frac{12\varepsilon}{M(n+1)}},$$

а для формулы Симпсона

$$p > \sqrt[5]{\frac{M(n+1)}{4!\,120\,\varepsilon}} - \frac{1}{b-a} \qquad r_n < \sqrt[5]{\frac{4!\,120\,\varepsilon}{M(n+1)}}.$$

Примечание 8. В условиях второго достаточного признака асимптотичности параметр p удовлетворяет неравенствам:

а) в формуле средних прямоугольников

$$M < \frac{24\,\varepsilon\,[p\,(b-a)+1]^2}{(b-a)^3} \tag{20}$$

б) в формуле трапеций

$$M < \frac{12\,\varepsilon\,[p\,(b-a)+1]^2}{(b-a)^3} \tag{21}$$

в) в формуле Симпсона

$$M < \frac{4!\,120\varepsilon\,[p\,(b-a)+1]^4}{(b-a)^5}. \tag{22}$$

Действительно, из неравенств

$$2\sqrt[3]{\frac{3\varepsilon}{M(n+1)}} > r_n > b-a-n\sqrt[3]{\frac{24\varepsilon}{M(n+1)}} \quad \text{и} \quad p > \sqrt[3]{\frac{M(n+1)}{24\,\varepsilon}} - \frac{1}{b-a}$$

имеем

$$\frac{M\,(b-a)^3}{24\,\varepsilon} < (n+1)^2 < \left(\frac{24\,\varepsilon}{M}\right)^2 \left(p + \frac{1}{b-a}\right)^6,$$

откуда

$$M < \frac{24\,\varepsilon\,[p\,(b-a)+1]^2}{(b-a)^3}.$$

Аналогично выводим неравенства (21) и (22).

Предложение 3. Замена промежутков $\frac{1}{p}\left[\frac{p\,(b-a)}{1+p\,(l-a)}\right]^\nu$ $(\nu = 1, 2, \ldots n)$ округленными промежутками

$$\beta_\nu = \frac{1}{p}\left[\frac{p\,(b-a)}{1+p\,(b-a)}\right]^\nu + \alpha_\nu$$

при условии, что

$$|\alpha_\nu| \leqslant \beta_\nu \cdot 10^{-\gamma} \qquad \gamma > 0,$$

приводит к следующим погрешностям:

а) в формуле средних прямоугольников

$$\frac{M}{24}\left\{\sum_{\nu=1}\frac{1}{p^3}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{3\nu}(1-10^{-\gamma})^{-3}+\rho_n^3\right\}. \tag{23}$$

б) в формуле трапеций

$$-\frac{M}{12}\left\{\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{p^3}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{3\nu}(1-10^{-\gamma})^{-3}+\rho_n^3\right\} \tag{24}$$

в) в формуле Симпсона

$$-\frac{M}{4!\,120}\left\{\sum_{\nu=1}^{n}\frac{1}{p^5}\left|\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right|^{5\nu}(1-10^{-\gamma})+\rho_n^5\right\} \tag{25}$$

Действительно, если разность верхнего и нижнего пределов интеграла представить в виде суммы заокругленных отрезков β_ν

$$\beta_\nu=\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu}+\alpha_\nu$$

где:

$$|\alpha_\nu|\leqslant\beta_\nu\cdot 10^{-\gamma}\qquad \gamma>0,$$

то погрешность в формуле средних прямоугольников равна $\frac{M}{24}\left\{\sum_{\nu=1}^{n}\beta_\nu^3+\rho_n^3\right\}$.

Но из неравенства

$$\beta_\nu\leqslant\frac{1}{p}\left|\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right|^{\nu}\pm\beta_\nu\cdot 10^{-\gamma}$$

следует, что

$$\beta_\nu\leqslant\frac{1}{p}\left|\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right|^{\nu}(1\mp 10^{-\gamma})^{-1}.$$

Поэтому погрешность в формуле средних прямоугольников с округленными промежутками не превышает выражения (22).

Аналогично получаем выражения (23) и (24).

Примечание 9. При замене промежутков

$$\frac{1}{p}\left|\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right|^{\nu}\qquad(\nu=1,2,\ldots,n)$$

округленными промежутками

$$\beta_\nu=\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right|^{\nu}+\alpha_\nu$$

при условии, что

$$|\alpha_\nu|\leqslant\beta_\nu\cdot 10^{-\gamma}\qquad\gamma>0,$$

верхняя грань отношений $\left|\frac{\alpha_\nu}{\beta_\nu}\right|$ $(\nu=1,2,\ldots,n)$ при округлении по правилу дополнения

$$\sup\left|\frac{\alpha_\nu}{\beta_\nu}\right|\leqslant\frac{1}{2}.$$

Поэтому

$$10^{-\gamma} \leqslant \frac{1}{2} \qquad (1-10^{-\gamma})^{-3} \leqslant 8 \quad (1-10^{-\gamma})^{-5} \leqslant 32.$$

Если дополнительный член ρ_n в разложении $b(\omega)$, полученный после округления промежутков, не более дополнительного члена r_n разложения $b(\omega)$ до округления промежутков, то погрешность при округлении промежутков по правилу дополнения в формулах средних прямоугольников и трапеций возрастает не более, чем в 8 раз, а в формуле Симпсона — не более, чем в 32 раза.

Примечание 10. Если дополнительный член в разложении $b(\omega)$ после округления промежутков по правилу дополнения более первого или последнего из промежутков между узлами, то следует увеличить число промежутков, введя столько новых промежутков — дальнейших членов ряда, представляющего разложение $b(\omega)$, чтобы новый дополнительный член ρ_n в разложении $b(\omega)$ был не более дополнительного члена r_n до округления или хотя бы первого или последнего из промежутков между узлами.

Можно также уменьшить величину дополнительного члена, оставляя при округлении некоторых отдельных промежутков большее число значущих цифр, чем в остальных промежутках.

Примечание 11. Если надо вычислить интеграл с точностью до ε_1, где ε_1 — малое положительное число, пользуясь округленными промежутками между узлами, то расчет параметра p и числа n промежутков между узлами следует сделать, принимая, что погрешность ε в соответствующих неравенствах для формул средних прямоугольников и трапеций равна $\varepsilon = \frac{\varepsilon_1}{8}$, а в неравенствах для формулы Симпсона $\varepsilon = \frac{\varepsilon_1}{32}$.

Предложение 4. В выведенных формулах квадратур сдвиг концов нескольких смежных отрезков в направлении к первому из них на положительную величину, меньшую наименьшего из этих отрезков, сопровождаемый появлением нового отрезка, равного величине сдвига, не увеличивает погрешности приближений, получаемых с помощью этих формул.

Справедливость предложения следует из того, что после сдвига длина лишь первого из сдвигаемых отрезков уменьшится, а длины всех остальных отрезков останутся без изменения, и появится новый отрезок за последним из сдвигаемых отрезков, длина которого равна величине сдвига. Таким образом, если индекс первого из сдвигаемых отрезков есть s, то вместо выражения

$$\frac{M}{24p^3}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{3s}(1-10^{-\gamma})^{-3},$$

входящего в погрешность до сдвига, войдет выражение

$$\frac{M}{24}\left\{\left[\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{s}-\alpha\right]^3+\alpha^3\right\}(1-10^{-\gamma})^{-3},$$

где α — величина сдвига. Но

$$\frac{1}{p^3}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{3s} > \left\{\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{s}-\alpha\right\}^3+\alpha^3$$

и, если погрешность до сдвига меньше ε, то после сдвига она и подавно меньше ε.

Предложение 5. Если погрешность приближенного значения интеграла

$$\int_a^b f(x)\,dx$$

при данном значении n по асимптотической формуле трапеций не превышает $\sigma = 10^{-\lambda}$, где λ целое положительное число, то погрешность ε значения этого же интеграла при вычислении по асимптотической формуле Симпсона при том же значении n не менее, чем в 240 раз меньше погрешности σ формулы трапеций, если выполняется одно из следующих достаточных условий:

$$1)\ \text{или}\ \frac{H}{m} < \frac{1}{(b-a)^2},$$

$$2)\ \text{или}\ \frac{m}{H} > [\sup(b_\nu)]^2,$$

$$3)\ \text{или}\qquad b_\nu < 1\quad (\nu = 1, 2, \ldots n)\quad r_n < 1\quad \frac{H}{m} < 1,$$

где

$$m = \inf|f''(x)|\qquad H = \sup|f^{IV}(x)|\quad \text{на}\quad [a, b]$$

Действительно, погрешность приближения по формуле трапеций на ν-ом промежутке между узлами и на дополнительном члене r_n

$$\sigma_\nu = -\frac{1}{12} b_\nu^3 f''(\eta_\nu)\qquad \sigma_{r_n} = -\frac{1}{12} r_n^3 f''(\eta_{r_n}),$$

а погрешность приближения на том же промежутке и том же дополнительном члене по формуле Симпсона

$$\varepsilon_\nu = -\frac{1}{4!\,120} b_\nu^5 f^{IV}(\zeta_\nu)\qquad \varepsilon_{r_n} = -\frac{1}{4!\,120} r_n^5 f^{IV}(\zeta_{r_n}).$$

Отношение

$$\frac{\varepsilon_\nu}{\sigma_\nu} = \frac{b_\nu^2 f^{IV}(\zeta_\nu)}{240 f''(\eta_\nu)}\qquad \frac{\varepsilon_{r_n}}{\sigma_{r_n}} = \frac{r_n^2 f^{IV}(\zeta_{r_n})}{240 f''(\eta_{r_n})},$$

откуда

$$\varepsilon_\nu = \frac{b_\nu^2 \sigma_\nu f^{IV}(\zeta_\nu)}{240 f''(\eta_\nu)}\qquad \varepsilon_{r_n} = \frac{r_n^2 \sigma_{r_n} f^{IV}(\zeta_{r_n})}{240 f''(\eta_{r_n})}.$$

Отношение

$$\frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} \varepsilon_\nu + \varepsilon_{r_n}}{\sum\limits_{\nu=1}^{n} \sigma_\nu + \sigma_{r_n}} = \frac{1}{240}\cdot\frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} \frac{b_\nu^2 \sigma_\nu f^{IV}(\zeta_\nu)}{f''(\eta_\nu)} + \frac{r_n^2 \sigma_{r_n} f^{IV}(\zeta_{r_n})}{f''(\eta_{r_n})}}{\sum\limits_{\nu=1}^{n} \sigma_\nu + \sigma_{r_n}} \leqslant \frac{1}{240},$$

если

$$A_n = \frac{\sum\limits_{\nu=1}^{n} b_\nu^2 \sigma_\nu f^{IV}(\zeta_\nu)[f''(\eta_\nu)]^{-1} + r_n^2 \sigma_{r_n} f^{IV}(\zeta_{r_n})[f''(\eta_{r_n})]^{-1}}{\sum\limits_{\nu=1}^{n} \sigma_\nu + \sigma_{r_n}} \leqslant 1 \qquad (26).$$

Неравенство (26) справедливо при каждом из достаточных условий рассматриваемого предложения.

Правило. Для того, чтобы вычислить по формулам (8), (9) и (10)

$$\int_a^b f(x)\,dx,$$

где $f(x)$ не отрицательная монотонная на $[a,b]$ функция, имеющая на $[a,b]$ непрерывные производные первых двух или первых четырех порядков, с точностью до малого положительного числа ε_1, основываясь на первом достаточном признаке асимптотичности, достаточно:

1. Вычислить $M = |f''(\xi)|$ на $[a, b]$ в случае формул средних прямоугольников и трапеций и $M = |f^{IV}(\xi)|$ на $[a, b]$ в случае формулы Симпсона.

2. Определить значение параметра p из соответствующего выбранной формуле неравенства

а) для формулы средних прямоугольников

$$p > \sqrt[3]{\frac{M}{24\varepsilon}} - \frac{1}{b-a} \qquad \text{при } \varepsilon = \frac{\varepsilon_1}{8},$$

б) для формулы трапеций

$$p > \sqrt[3]{\frac{M}{12\varepsilon}} - \frac{1}{b-a} \qquad \text{при } \varepsilon = \frac{\varepsilon_1}{8},$$

в) для формулы Симпсона

$$p > \sqrt[5]{\frac{M}{4!\,120\varepsilon}} - \frac{1}{b-a} \qquad \text{при } \varepsilon = \frac{\varepsilon_1}{32}$$

и вычислить знаменатель прогрессии A по формуле

$$A = \frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}.$$

3. Вычислить число промежутков между смежными узлами из соответственного из равенств (11) и (13), предварительно определив значение коэффициента δ соответственно из (12) и (14).

4. Вычислить и округлить последовательные промежутки между узлами

$$\frac{1}{p}\left[\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)}\right]^{\nu} \quad (\nu = 1, 2, \ldots, n).$$

5 Прибавляя к нижнему пределу интегрирования последовательные округленные промежутки (или вычитая их последовательно из верхнего предела), получить значения абсцисс.

6. Произвести сдвиг абсцисс с повторяющейся совокупностью цифр, вводя дополнительные промежутки, равные соответственным сдвигам. С помощью полученных после сдвига абсцисс произвести далее вычисление интеграла по выбранной формуле.

Если же пользоваться и округлением промежутков между узлами и вычислением значений чисел p и n для более простой формулы, то при вычислении значения интеграла с точностью до малого положительного числа ε_1 по формуле Симпсона надо предварительно вычислить p и n с

помощью неравенств, соответствующих формуле трапеций или средних прямоугольников, полагая в них соответственно

$$\varepsilon = \frac{240}{8}\varepsilon_1 = 30\varepsilon_1 \quad \text{и} \quad \varepsilon = \frac{120}{8}\varepsilon_1 = 15\varepsilon_1.$$

Член с приближенным значением интеграла на r_n включить в значение интеграла.

Правило для вычисления интеграла в условиях второго достаточного признака асимптотичности аналогично правилу в условиях первого достаточного признака. Значение параметра p в условиях второго достаточного признака вычисляется соответственно из соотношений (20), (21) и (22), а n соответственно из (15), (16) и (18).

В условиях рассмотренных признаков формулы остаются асимптотическими и в том случае, если в погрешность каждой из них вместо средних значений M соответственно второй и четвертой производной на отрезке интегрирования подставить верхние грани второй и четвертой производной на каждом промежутке или на отрезке интегрирования. Можно также в точном выражении погрешности $V[f]$ формулы Симпсона выразить среднее значение четвертой производной через значения первой производной, пользуясь формулой, выведенной И. А. Эзрохи для $b-a=1$.

$$V[f] = -\frac{5}{72}[f'(\xi_1) - f'(\xi_2)]^*$$

Пример. Вычислить $\int\limits_2^{2,4}\frac{dx}{\sqrt{1+x^4}}$

по асимптотической формуле Симпсона с точностью до 0,000005, пользуясь вторым признаком асимптотичности.

Имеем $f(x) = \frac{1}{\sqrt{1+x^4}}$ $\qquad f''(x) = \frac{6x^2(x^4-1)}{(1+x^4)^{2,5}}$

$$\sup|f''(x)| = f''(2) = 0,30212 \qquad \inf|f''(x)| = f''(2,4) = 0,162844$$

$$f^{IV}(x) = \frac{120x^{12} - 972x^8 + 576x^4 - 12}{(1+x^4)^{4,5}} \qquad \sup|f^{IV}(x)| = f^{IV}(2) = 0,72589.$$

Применяя, в силу справедливости условия $\frac{\sup|f^{IV}(x)|}{\inf|f''(x)|} < \frac{1}{(b-a)^2}$, принимающего вид $\frac{0,72589}{0,162844} = 4,4575 < \frac{1}{0,4^2} = 6,25$, предложение пятое, вычислим значение параметра p для формулы трапеций. Имея в виду округление промежутков между узлами, находим, что погрешность формулы трапеций должна быть равна $\varepsilon = 0,000005 \cdot 30 = 0,00015$. Из неравенства (17) получаем, что $p > 5,6937$, поэтому можно принять, что $p = 5,7$. Знаменатель прогрессии

$$\frac{p(b-a)}{1+p(b-a)} = \frac{0,4\cdot 5,7}{1+0,4\cdot 5,7} = \frac{57}{82}.$$

Число n промежутков между узлами, согласно (21),

$$n > \frac{\lg(5,7\cdot 0,4+1)}{\lg(5,7\cdot 0,4+1) - \lg(5,7\cdot 0,4)} = 3,2611.$$

Поэтому принимаем $n = 4$.

* См. список литературы, 4.

Промежутки между узлами до округления	Промежутки между узлами после округления
$\frac{1}{5,7} \cdot \frac{57}{82} = 0,121\,951$	0,12
$\frac{1}{5,7}\left(\frac{57}{82}\right)^2 = 0,084\,771$	0,08
$\frac{1}{5,7}\left(\frac{57}{82}\right)^3 = 0,058\,926$	0,06
$\frac{1}{5,7}\left(\frac{57}{82}\right)^4 = 0,040\,961$	0,04

Дополнительный член в разложении разности пределов интегрирования $r_n = 0,1$. Абсциссы:

$$2 \quad 2,1 \quad 2,14 \quad 2,2 \quad 2,28 \quad 2,4$$

Вычисляя данный интеграл с помощью полученных абсцисс по формуле Симпсона, получаем

$$\int_{2}^{2,4} \frac{dx}{\sqrt{1+x^4}} = 0,081527.$$

Вычисляя этот же интеграл с помощью разложения подинтегральной функции в ряд, имеем $\int_{2}^{2,4} \frac{dx}{\sqrt{1+x^4}} = 0,0815272.$

ЛИТЕРАТУРА

1. Бернштейн С. Н. Собрание сочинений, т. 1 и 2, 1954.
2. Эзрохи И. А. Общие формы остаточных членов линейных формул многомерного приближенного анализа, Математ. сборник, новая серия, т. 38, вып. 4, 1956.
3. Микеладзе Ш. Е., Численные методы математического анализа, 1953.
4. Математика в СССР за тридцать лет, 1947.
5. T. Carleman, Les fonctions quasi analityques, Paris (1926).
6. H. Poincaré, Sur les intégrales irrégulières dè équations linéires, Acta Mathématika, 8, (1886).
7. G. N. Watson, A Theory of Asymptotic Series, Philosop. Transactions of the Royal Society of London, Series A, vol. 211, 1912.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

П. К. КОБУШКИН

О СООТНОШЕНИИ МЕЖДУ МАССОЙ И МОМЕНТОМ КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ

I. ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Исходя из общих философских соображений о существовании взаимосвязей между различными формами движения материальных тел, можно предполагать, что наряду с существованием фундаментального соотношения между массой и энергией ΔE тела ($\Delta E = \Delta mc^2$), должно иметь место также наличие некоторой функциональной зависимости между массой тела и его моментом количества движения в обычной механической и некоторой «потенциальной» формах.

$$L = f(m). \tag{1.0}$$

Это становится тем более явственным, если считать, что масса тела является не только мерой его инерции, но также и некоторой приближенной мерой материи, связанной с данным телом [1, 2, 3].

Действительно, известно, что даже механическое движение не исчерпывается только одной такой характеристикой, как энергия (являющейся и мерой его скалярной величины), но характеризуется также «количеством движения», «моментом количества движения», «моментом вихря» и т. д., которые соответственно являются мерами других сторон движения материальных тел.

Тогда, полагая, что масса тела является некоторой приближенной мерой материи, из тезиса о единстве материи и движения следует вывод о необходимости существования функциональной взаимосвязи между массой тела и его полным моментом количества движения.

Содержанием данной работы является установление зависимости (1,0) в явном виде, исходя из предельного развития идей общей теории относительности в применении их к космологической проблеме Метагалактики.

Метагалактика при этом рассматривается как:

а) абсолютно-замкнутая в отношении гравитационного, электромагнитного, мезонного взаимодействия и, следовательно, обладающая некоторой общей мерой кривизны R и

б) абсолютно-разомкнутая в отношении некоторых иных форм взаимодействия, например, «фоновых».

Таким образом, относительно всей Вселенной не делается никаких ограничивающих условий в смысле отрицания ее бесконечности в отношении протяженности и длительности существования во времени. Следовательно, с учетом последнего положения, Метагалактика может быть

рассматриваема как некоторая квазизамкнутая система, «погруженная в «фоновую» материю бесконечной Вселенной.

Условия *а*) и *б*), налагаемые на физическое состояние и свойства Метагалактики, требуют и более длительного рассмотрения этого вопроса.

II. КВАЗИЗАМКНУТЫЕ МИРЫ

Как было показано Оппенгеймером и Волковым [4], решения уравнений общей теории относительности для статических полей сферической симметрии, создаваемых звездами масс порядка 7—8 $M_{\odot}$ и плотностей $\sim 10^{14}$ *г/см*^{3} (т. е. для некоторых гипотетических звезд, обладающих плотностями «сверхбелых» карликов и массами, типичными для сверхгигантов), обладают рядом особенностей. В таких полях всякая частица, обладающая, в качестве основного своего свойства, только инерцией (количественно измеряемой скалярной массы), будучи выброшенная с поверхности звезды, с любой скоростью, не превышающей скорости света, не выйдет окончательно за пределы некоторой поверхности, называемой «горизонтом», а возвратится обратно на звезду. Сказанное относится также и к световым квантам, испущенным подобной звездой.

Последнее физически означает, что подобная звезда может рассматриваться как полностью замкнутая система «изнутри», в отношении ее энергетического взаимодействия с внешним Миром через посредство таких «переносчиков» взаимодействия, как обычные материальные частицы и световые кванты.

Поэтому метрика пространства—времени вблизи таких звезд тождественна состоянию пространственной замкнутости и следовательно можно говорить о некотором **условном радиусе** пространственной замкнутости метрики такой звезды, равном по порядку радиусу области «горизонта» решения.

Тем не менее такая звезда не является абсолютно-замкнутой системой хотя бы потому, что в действительности при помощи гравитонов все же осуществляется ее взаимодействие с другими звездами, формально выражающееся во взаимном неаддитивном наложении их гравитационных полей.

Больше того, такая замкнутость звезд этого типа характерна лишь для статических полей сферической симметрии, а также нестатических полей той же симметрии, рассматриваемых до того момента времени, пока физическая поверхность звезды при расширении последней еще не пересекает «горизонта» решения.

Как только физическая поверхность звезды касается «горизонта» решения, метрика поля звезды как бы «размыкается» и становится возможным энергетическое взаимодействие звезды с внешним Миром также посредством обычных материальных частиц и световых квантов.

В дальнейшем этого типа решения уравнений общей теории тяготения будем называть квазизамкнутыми решениями.

Наличие таких решений уравнений общей теории относительности применительно к звездам, т. е. объектам существенно конечных масс и объемов, позволяет поставить вопрос о возможности существования аналогичных решений и для Метагалактики. Однако здесь следует сделать то существенное замечание, что простой перенос идеи таких квазизамкнутых решений и на Метагалактику встречается с рядом принципиальных затруднений.

Когда в современных релятивистских космологических гипотезах говорится о Метагалактике, рассматриваемой как вся Вселенная, то имеется

в виду замкнутость последней не только в отношении ее энергетического взаимодействия посредством обычных материальных частиц, но также и ее гравитационного взаимодействия, замкнутость относительно которого вводится для Метагалактики во избежание возникающих трудностей в связи с так называемым гравитационным парадоксом. Как известно, именно для устранения всех трудностей, связанных с граничными условиями в пространственной бесконечности (понимаемой классически) и приводящих к указанному гравитационному парадоксу (вне идей Шарлье о структурности бесконечной Вселенной), Эйнштейн и ввел так называемую космологическую постоянную Λ в свои первоначальные релятивистские уравнения тяготения, чем и предопределил абсолютно-замкнутый характер своей космологической модели Мира.

Наряду с космологическим решением Эйнштейна уравнений тяготения, содержащих космологический член, имеются также космологические решения де-Ситтера, советского математика Фридмана, а также Леметра, которым сопоставляются другие модели абсолютно-замкнутых Миров.

Не отрицая возможности подобных математических решений, соответствующих уравнениям тяготения, содержащих Λ-член, наша точка зрения состоит в принципиально иной оценке характера этих обобщений и соответствующих им космологических решений.

С принципиальной стороны важно отметить, что существование указанных абсолютно-замкнутых решений релятивистских уравнений тяготения получается именно в результате соответствующего обобщения этих уравнений путем добавления космологической постоянной Λ, вводимой для устранения гравитационного парадокса, и главное характером ее интерпретации.

Поэтому, если возражать относительно физической допустимости таких абсолютно-замкнутых решений, то прежде всего следует поставить следующий вопрос: нельзя ли произвести такое релятивистское обобщение уравнений тяготения, которое, устраняя гравитационный парадокс, не вводило бы при этом заранее в скрытой форме идею абсолютно-замкнутого Мира.

Повидимому, это возможно сделать, если только допустить, что решение таких (физически-рационально) релятивистски обобщенных уравнений тяготения должны давать в качестве первого приближения не закон Ньютона в его классическом виде, а в несколько видоизмененной форме:

$$\varphi = \frac{km}{r} e^{-\alpha r}, \tag{1.1}$$

где α очень малая величина.

Такое видоизменение закона Ньютона, как известно, предлагал Зелигер, придавая постоянной α смысл коэффициента, характеризующего поглощение тяготения.

Интересно подчеркнуть, что аналогичное же выражение для сил взаимодействия получается также в скалярной теории мезонного поля, именно:

$$V = \frac{g}{r} e^{-\lambda_0 r},$$

где постоянная λ_0 рассматривается уже не как коэффициент, характеризующий поглощение сил мезонного взаимодействия, а просто как некоторый параметр, характеризующий радиус заметного действия ядерных сил. В такой, физически-рационально обобщенной, релятивистской теории

тяготения, в которой должен быть дан синтез волново-корпускулярного действия тяготения, постоянную $\sqrt{\Lambda}$, повидимому, можно будет рассматривать в качестве некоторого коэффициента, показывающего меру убывания амплитуд волн тяготения, которое появляется вследствии своеобразного характера их рассеяния, поглощения и, возможно, интерференции при передаче энергетического взаимодействия от одного тела к другому в форме некоторого волнового процесса.

Закон тяготения типа (1.1) получается из линеаризированных релятивистских уравнений в форме Эддингтона, которые могут быть получены, если за исходный инвариант брать не $g_{\mu\nu}\,G^{\mu\nu}$, как это сделано у Эйнштейна, а инвариант более общего вида, например, $B^{\lambda\cdot}_{\mu\nu\sigma}$, $B^{\mu\nu\sigma}_{\lambda}$, где $B^{\lambda\cdot}_{\mu\nu\sigma}$ есть тензор Римана-Кристоффеля.

Правда, в этом последнем случае получаются нелинейные уравнения четвертого порядка относительно $g_{\mu\nu}$, $\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_{\lambda}}$, что сильно усложняет математическую сторону вопроса, но это вряд ли может считаться достаточным основанием для возражения к их введению в теорию.

Таким образом, использование закона тяготения в форме (1.1) как в классической, так и релятивистской постановке космологической проблемы, дает такое ее решение, что Вселенная может рассматриваться как абсолютно бесконечная система, в которой полностью устраняется гравитационный парадокс. Здесь важно подчеркнуть тот момент, что в противоположность методу Зеелигера такой вид закона уже не просто выбирается специально только для разрешения гравитационного парадокса, а появляется как строгое математическое решение релятивистских уравнений тяготения, полученных из более общих исходных положений, чем это имеет место у Эйнштейна.

Таков первый путь частичного разрешения космологической проблемы в духе идеи абсолютно бесконечной Вселенной. Наряду с этим можно указать и другой, более радикальный способ решения этой проблемы. Действительно, до сих пор предполагалось (и это подчеркивалось), что все взаимодействия осуществляются только при посредстве обычных материальных частиц, световых квантов и гравитонов, между тем вполне допустимо сделать предположение о существовании некоторых гипотетических материальных частиц, обладающих такими свойствами, что для них несущественно наличие «горизонта Мира», в существующих релятивистских космологических моделях, также как несущественно наличие «горизонта» решения для гравитонов в случае массивных сверхплотных звезд. С принципиальной стороны введение гипотезы о существовании таких частиц вполне правомерно ввиду неисчерпаемости различных форм и свойств материи.

Вместе с этим важно отметить, что указанный метод введения подобных частиц, обладающих на первый взгляд довольно странными свойствами, не противоречит основной тенденции развития современной теоретической физике, который состоит в том, что постулируется существование тех или иных элементарных частиц с теми или иными свойствами, вводимых для компенсации расхождения теории и эксперимента (например, введения таких частиц как нейтрино, или как это было с теоретическим предсказанием Юкавой мезонов).

И, что также существенно отметить, подобный метод введения различного сорта элементарных частиц не является принципиальным препятствием к построению единой теории поля, для создания которой важно «построить» соответствующим образом обобщенный тензор «материи —

движения», обобщенная расходимость которого удовлетворяла бы определенным законам сохранения, а соответствующее квантование обобщенно-метрического поля, отвечающего этому тензору, давало бы наблюдаемые на опыте элементарные частицы.

Из приведенной гипотезы сразу же логически следует, что хотя существующие релятивистские космологические модели и являются гравитационно-замкнутыми, но эта замкнутость не абсолютного характера, а только, так сказать, по рангу выше, чем замкнутость метрики вышерассмотренных массивных сверхплотных звезд.

Аналогично тому, как метрика таких звезд «размыкается» посредством гравитонов, можно полагать, что реальное существование таких предполагаемых гипотетических материальных частиц должно «размыкать» гравитационно-замкнутые Миры моделей Эйнштейна, де-Ситтера, Фридмана — Леметра и допускать их взаимодействие с вне Метагалактическими Мирами.

Однако введение понятия о таких частицах и использование их в теоретических исследованиях космологической проблемы потребовало бы радикального обобщения основных положений общей теории тяготения Эйнштейна. Поэтому если в дальнейшем ограничиваться рамками теории Эйнштейна или ее незначительным видоизменением, то введение таких частиц (назовем их частицами «фона» или по терминологии Руммера [5] «фундаментоны») следует использовать, как некоторый возможный «ориентир» для дальнейшего обобщения специальной теории относительности и общей теории тяготения.

Между тем можно показать, что, даже оставаясь в рамках общей теории относительности Эйнштейна, возможно преодоление абсолютно-замкнутого характера решений релятивистских космологических моделей, если отказаться от гипотезы однородности распределения галактик в Метагалактике. Как известно, гипотеза однородности является основным допущением, из которой исходят при построении всех стандартных релятивистских космологических моделей.

Если же принять гипотезу структурности строения Вселенной, к введению которой имеются некоторые астрофизические данные по исследованию вне галактических туманностей (принимая, например, в первом приближении схему, аналогичную типа схемы Шарлье [6]), то можно показать, что и в такой релятивистской космологической модели нет гравитационного парадокса, и даже при наличии космологического члена Λ отсутствует замкнутость Мира. При определенном характере этой структурности, для каждой совокупности галактик N-го порядка будет иметь некоторое квазизамкнутое решение уравнений тяготения Эйнштейна.

Таким образом, подводя итог всему вышеизложенному, можно считать, что так называемые абсолютно-замкнутые решения (модели) типа Эйнштейна, де-Ситтера, Фридмана—Леметра в действительности являются лишь квазизамкнутыми решениями и замкнутость соответствующих моделей является таковой только в отношении того или иного характера физического взаимодействия их с вне Метагалактическими Мирами.

III. ВЫВОД СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ МАССОЙ И МОМЕНТОМ КОЛИЧЕСТВА ДВИЖЕНИЯ

Ставится задача нахождения точного решения гравитационных уравнений Эйнштейна для случая стационарной аксиальной симметрии поля, создаваемого протяженным материальным объектом типа Метагалактики.

1. Предполагается аксиальное распределение материи — движения в рассматриваемой области D, причем явно вращательное движение в обычной механической форме не вводится. Однако постулируется наличие плотности момента количества движения L_0 в каждой точке области D, а также наличия полного момента количества движения, отличного от нуля.

Аналогом такого момента количества движения можно считать, например, спин элементарной частицы или фотона, который, как известно, в современной квантовой теории не рассматривается как вращение частицы вокруг своей оси.

2. Область D может быть заполнена как обычным веществом, а также электромагнитным излучением, при условии отсутствия потока излучения из рассматриваемой области Последнее физически означает, что потеря лучистой энергии вследствие излучения, даже за большие промежутки времени $\sim 10^9$ лет, мала по сравнению с количеством ее внутри рассматриваемой области.

3. Выбор граничных условий, а также условий на физической «бесконечности» зависит от рассматриваемой конкретной задачи. При сделанных выше предположениях квадрат линейного элемента, для наиболее общего случая, стационарной аксиальной симметрии поля, может быть представлен в следующем виде:

$$ds^2 = g_{11}dx_1^2 + g_{22}dx_2^2 + g_{33}dx_3^2 + g_{44}dx_4^2 + 2g_{12}dx_1dx_2 + 2g_{34}dx_3dx_4 \qquad (2.0),$$

где компоненты фундаментального метрического тензора

$$g_{11},\ g_{22},\ g_{33},\ g_{44},\ g_{12},\ g_{34}$$

являются функциями только x_1 и x_2.

Относительно системы координат x_1, x_2, x_3, x_4 полагается, что $x_1 = 0$ есть ось симметрии распределения материи движения и, следовательно, поля; x_4 может быть интерпретирована как временеподобная координата и x_3 как угловая переменная, изменяющаяся от 0 до 2π. В остальном система координат произвольна.

Не трудно показать, что не нарушая аксиального характера симметрии некоторым преобразованием, можно (2.0) привести к виду

$$ds^2 = g_{11}(d^2x_1 + d^2x_2) + g_{33}d^2x_3 + g_{44}d^2x_4 + 2g_{34}dx_3dx_4. \qquad (2.1)$$

Легко также показать, что всякое преобразование

$$\bar{x}_1 + i\bar{x}_2 = \Phi(x_1 + ix_2),$$

где Φ произвольная аналитическая функция любой точки плоскости комплексной переменной $w = x_1 + ix_2$ оставляет квадратичную форму (2.1) инвариантной.

В частном случае квадратичную форму можно представить в виде:

$$ds^2 = -R^2(\chi, \vartheta)\{d\chi^2 + \sin^2\chi\,(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2)\} + Q(\chi, \vartheta)\,dt^2 + \\ - 2F(\chi, \vartheta)\,cd\varphi dt \qquad (2.2),$$

являющуюся естественным обобщением квадратичной формы известного космологического решения Эйнштейна

$$ds^2 = -R\{d\chi^2 + \sin^2\chi\,(d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta\,d\varphi^2)\} + c^2dt^2 \qquad (2.3).$$

Отличие (2.3) от (2.2) состоит в том, что в (2.3)

$$R = \frac{1}{\sqrt{\Lambda}} = \text{const} \qquad (a),$$

в то время как в (2.2)

$$R(\chi, \vartheta), \quad Q(\chi, \vartheta), \quad F(\chi, \vartheta) \qquad \text{(b)}$$

полагаются неизвестными функциями χ, ϑ, которые требуются определить из гравитационных уравнений Эйнштейна:

$$G_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} G = -8\pi\varkappa T_{\mu\nu} - g_{\mu\nu}\Lambda \qquad (2.4),$$

В (2.4)

$T_{\mu\nu}$ — тензор материи — движения;
$G_{\mu\nu}$ — сокращенный тензор Riemann—Christoffel'я;
$G = g_{\mu\nu}G^{\mu\nu}$, инвариант тензора $G^{\mu\nu}$;
$g_{\mu\nu}$ — компоненты фундаментального метрического тензора:
Λ — космологический член;
$\varkappa$ — коэффициент пропорциональности, равный $x = \frac{\gamma}{c_{\blacksquare}}$,
γ — гравитационная постоянная;
c — скорость света в вакууме.

Нахождение общего точного решения этих уравнений представляет исключительные математические трудности по причине нелинейности уравнений (2.4).

Наряду с трудностями чисто математического характера имеют место большие затруднения физического характера в отношении «задания» $T_{\mu\nu}$ в явном виде. На последнее обстоятельство, подчеркнув его принципиальную важность, указал акад. В. А. Фок [7, 8], полагая задачу нахождения $g_{\mu\nu}$ ставить следующим образом.

Требуется найти такие $g_{\mu\nu}$, которые, будучи подставлены в левую часть уравнений Эйнштейна, дадут для тензора материи в правой части выражения, могущие быть истолкованными в соотношении с определенной физической задачей.

Нами найдено решение* для случая аксиальной симметрии метрики пространственно-временного континуума, которому будет соответствовать материальная космологическая модель с ядром (в указанном выше смысле квазизамкнутого характера), как бы «погруженная» в бесконечно протяженный континуум «фоновой материи» вакуума.

Полученное решение имеет вид:

$$ds^2 \cong -\left\{1 + \frac{2\gamma M}{c^2 r} + \frac{r^2}{R^2} + \sum_{n=1}^{\infty} A_n P_n(\cos\vartheta)/r^{n+1}\right\} dr^2 - r^2 f(r_1 \vartheta)\{d\vartheta^2 +$$

$$+ \sin^2\vartheta d\varphi^2\} + \left\{1 - \frac{2\gamma M}{c^2 r} - \frac{r^2}{R^2} - \sum_{n=1}^{\infty} A'_n P_n(\cos\vartheta)/r^{n+1}\right\} c^2 dt^2 -$$

$$- \left\{\frac{2\gamma L}{c^3 r^2} + \frac{2r\sin\vartheta}{R} + \sum_{n=2}^{\infty} B_n P_n(\cos\vartheta)/r^{n+1}\right\} rcd\varphi\, dt \qquad (2.5),$$

где: $P_n(\cos\vartheta)$ суть полиномы Лежандра, L — момент количества движения, A'_n, A_n, B_n некоторые постоянные коэффициенты, выраженные через массу, момент инерции, момент количества движения и т. д. ядра модели.

* Подробное решение будет опубликовано отдельно.

Пренебрегая членами высших порядков малости, будем иметь

$$ds^2 \cong \left\{1 + \frac{2\gamma M}{c^2 r} + \frac{r^2}{R^2}\right\} dr^2 - r^2 \{d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta\, d\varphi^2\} + \left\{1 - \frac{2\gamma M}{c^2 r} - \frac{r^2}{R^2}\right\} c^2 dt^2 -$$

$$- \left\{\frac{2\gamma L}{c^3 r^2} + \frac{2r \sin\vartheta}{R}\right\} rcd\varphi\, dt,$$

т. к. в том же приближении $f(r_1\vartheta) \to 1$.
Для больших областей $\sim$ галактики и больше можно считать, что $\frac{r^2}{R^2} \ll \frac{2\gamma M}{c^2 r} \ll 1$; $\frac{\gamma L}{c^3 r^2} \ll \frac{2r}{R}$.

Действительно, т. к. $M_{\text{галактика}} \approx 2 \cdot 10^{44}$ *г*, $r \approx 10^{22}$ *см*; $L \approx$ $\approx (10^{71} - 10^{72})\, \frac{\text{гсм}^2}{\text{сек}}$, то $\frac{2\gamma M}{c^2 r} \approx 10^{-6}$; $\frac{r^2}{R^2} \approx 10^{-12}$; $\frac{r}{R} \approx 10^{-6}$; $\frac{2\gamma L}{c^3 r^2} \approx 10^{-11}$.
Таким образом, с точностью до величин 10^{-6} имеем:

$$ds^2 = -dr^2 - r^2 \{d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2\} + c^2 dt^2 - \frac{2r}{R} \sin\vartheta\, rcd\varphi\, dt,$$

где:

$$\frac{1}{R^2} = \Lambda = 4\pi \left\{\frac{\gamma}{c^2}\rho_{00} + \frac{\gamma}{c^4} P_0 + \frac{L_0}{c\mathfrak{M}}\right\},$$

$\rho_{00} \approx 10^{-28}\, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ (плотность); P_0 — давление; $\mathfrak{M}$ — масса Метагактики; $\mathfrak{M} \approx$ $\approx 10^{56}$ *г*.

Преобразовывая дальше, получаем:

$$ds^2 = -dr^2 \{d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta d\varphi^2\} + c^2 dt^2 - \frac{2r}{R} \sin\vartheta\, rcd\varphi\, dt =$$

$$= c^2 dt^2 \left\{1 - \frac{dr^2 + r^2 (d\vartheta^2 + \sin^2\vartheta\, d\varphi^2)}{c^2 dt^2} - \frac{2r}{R} \sin\vartheta\, \frac{r}{c} \frac{d\varphi}{dt}\right\} =$$

$$= c^2 dt^2 \left\{1 - \frac{\dot r^2 + r^2(\dot\vartheta^2 + \sin^2\vartheta\, \dot\varphi^2)}{c^2} - \frac{2rv_\varphi}{Rc}\right\} = c^2 dt^2 \left\{1 - \frac{v^2}{c^2} - \frac{2rv_\varphi}{Rc}\right\}.$$

Конструируя контравариантный четырехмерный вектор импульса обычным образом, будем иметь:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2} - \frac{2rv_\varphi}{cR}}} \qquad (2.6.$$

Полагая $\frac{v^2}{c^4} \ll 1$; $\frac{2rv_\varphi}{CR} \ll 1$, разлагаем выражения в (2.6) в ряд,

$$m \approx m_0 \left\{1 + \frac{1}{2}\frac{v^2}{c^2} + \frac{rv_\varphi}{cR} + \ldots\right\}.$$

Рассматривая член $\frac{rv_\varphi}{cR}$, имеем:

$$mcR = m_0 Rc + m_0 r v_\varphi.$$

Отсюда $\Delta L = \Delta mRc$, где
R константа Мира $\cong \dfrac{1}{\sqrt{4\pi \left\{\frac{\gamma}{c^2}\rho_{00} + \frac{\gamma}{c^4} P_0 + \frac{L_0}{c\,\mathfrak{M}}\right\}}}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Вопросы философии», № 2, 1954 г., стр. 206—215.
2. «Вопросы философии», № 2, 1955 г., стр. 187—193.
3. «Успехи физических наук», № 2, т. 48, 1952 г., стр. 158.
4. Openheimer R., Volkoff M., «Phys. Rev.», 1939, vol. 55.
5. Руммер О., ЖЭТФ, 1950, № 3, вып. 2.
6. Sharlier C. V., Lund. Meddel.», N 98, 1922.
7. Фок В. А., ЖЭТФ, 1939, № 4, вып. 9.
8. Фок В. А., «Теория пространства, времени и тяготения», 1955, стр. 245

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

А. И. БЫХОВСКИЙ

О ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ ПРЕВРАЩЕНИЯ БЕЛОГО ОЛОВА В СЕРОЕ

Для изучения фазовых превращений в твердом состоянии особенно важно исследование полиморфных превращений чистых металлов. Полиморфные превращения в железе, кобальте, таллии, цирконии протекают с очень большими линейными скоростями роста, что не позволило до сих пор изучить их кинетику. Кинетика аллотропического превращения изучена лишь для олова [5, 6, 12, 13], причем работы, посвященные этому превращению, появляются и в последние годы (см. например [9]).

В настоящее время при рассмотрении процессов роста кристаллов является общепринятым представление о флуктуационном возникновении двухмерных зародышей на растущих гранях кристаллов. Возможность применения подобного рассмотрения к скорости превращения друг в друга двух кристаллических полиморфных модификаций теоретически была показана И. Н. Странским и Р. Каишевым [11], в работе Л. И. Когана, В. Е. Неймарка, И. Б. Пилецкой и Р. И. Энтина [4] показано, что подобное рассмотрение применимо для случая изотермического распада аустенита. Задачей настоящей статьи является применение подобных представлений к превращению белого олова ($\beta - Sn$) в серое ($\alpha - Sn$) (так называемая «оловянная чума») и анализ полученных результатов.

Данные по измерению линейной скорости превращения белого олова в серое делятся на две отчетливые группы. К первой группе можно отнести работы Таммана и Дрейера и М. М. Чертока [12, 13], измерявших диаметры бугорков серого олова при различных сроках выдержки при низких температурах, ко второй группе можно отнести работы А. П. Комара, Б. Г. Лазарева и К. И. Иванова [5, 6], изучавших превращение белого олова в серое на очень тонких образцах (нити диаметром в 0,2 *мм*, выращенные электролитически).

Полученные всеми этими авторами кривые зависимости линейной скорости превращения белого олова в серое от температуры имеют такой же вид, как и кривые роста кристаллов из жидкой фазы. Максимальная скорость роста соответствует температуре —30°. Примеры этих кривых приведены на рис. 1.

Различие между данными упомянутых выше двух групп исследований заключается в величине измеренных скоростей. На рис. 1 сплошная кривая

соответствует данным А. П. Комара и Б. Г. Лазарева [6], пунктирная — данным Таммана и Дрейера [12], увеличенным в 200 раз. Построенные так кривые почти совпадают. Различие линейной скорости превращения в 200 раз будет обсуждено нами ниже.

В работе В. И. Данилова и В. И. Малкина [3] указывается, что для экспериментальной проверки теории роста кристаллов путем образования двухмерных зародышей и их роста необходимо выбирать такое вещество, у которого подвижность молекул (или атомов) на грани растущего кристалла достаточно велика, а абсолютная величина линейной скорости кристаллизации при проведении измерений мала, чтобы температуру передвигающейся границы можно было считать равной температуре среды. Кроме того, необходимо, чтобы в исследуемом веществе не возникали самопроизвольно центры кристаллизации в той области температур, в которой проводятся измерения. Все эти условия выполнены в случае линейной скорости превращения β—Sn→α—Sn. Однако этот случай выгодно отличается тем, что здесь весьма широк исследованный температурный интервал (от 0 до —80°).

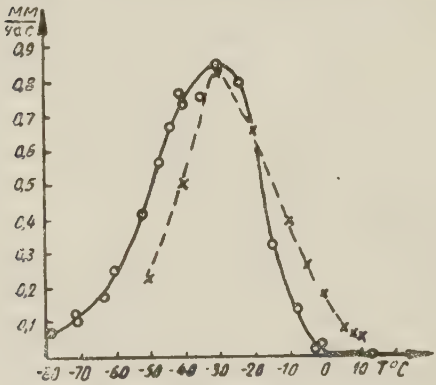


Рис. 1.

Теория дает следующее выражение для линейной скорости превращения:

$$v = K_0 e^{-\frac{U}{\kappa T}} e^{-\frac{\Delta\Phi}{\kappa T}} \qquad (1),$$

где:

v — линейная скорость превращения,

K_0 — множитель, не зависящий от температуры,

$\Delta\Phi$ — работа образования равновесного двухмерного зародыша,

U — энергия активации при переходе атома от кристаллической решетки исходной фазы к решетке зародыша.

Расчет показывает, что для образования квадратного двухмерного зародыша критического размера

$$\Delta\Phi = \frac{4\sigma'^2 T_0}{q'\,\Delta T} \qquad (2),$$

где:

σ' — средняя поверхностная энергия, приходящаяся на δ *см*² торцовой поверхности зародыша, а δ — толщина зародыша.

T_0 — точка перехода (для превращения β—Sn→α—Sn $T_0 = 13{,}2°$),

q' — скрытая теплота перехода, отнесенная к слою, площадь основания которого 1 *см*², а высота δ,

ΔT — переохлаждение.

Из формул (1) и (2) следует:

$$v = K_0 e^{-\frac{U}{\kappa T}} e^{-\frac{K_1}{T \Delta T}} \qquad (3),$$

где

$$K_1 = \frac{4\sigma'^2 T_0}{kq'} \qquad (3а).$$

откуда

$$\ln v + \frac{U}{kT} = \ln K_0 - \frac{K_1}{T\Delta T} \qquad (4),$$

а значит график зависимости $\left(\ln v + \frac{U}{kT}\right)$ от $\frac{1}{T\Delta T}$ должен представлять собой прямую линию. Построение этого графика для превращения β—Sn→α—Sn осложняется тем, что неизвестно значение энергии активации U. Для определения U мы воспользовались методом последовательных приближений, аналогичным методу, разработанному Ю. А. Криштал [7].

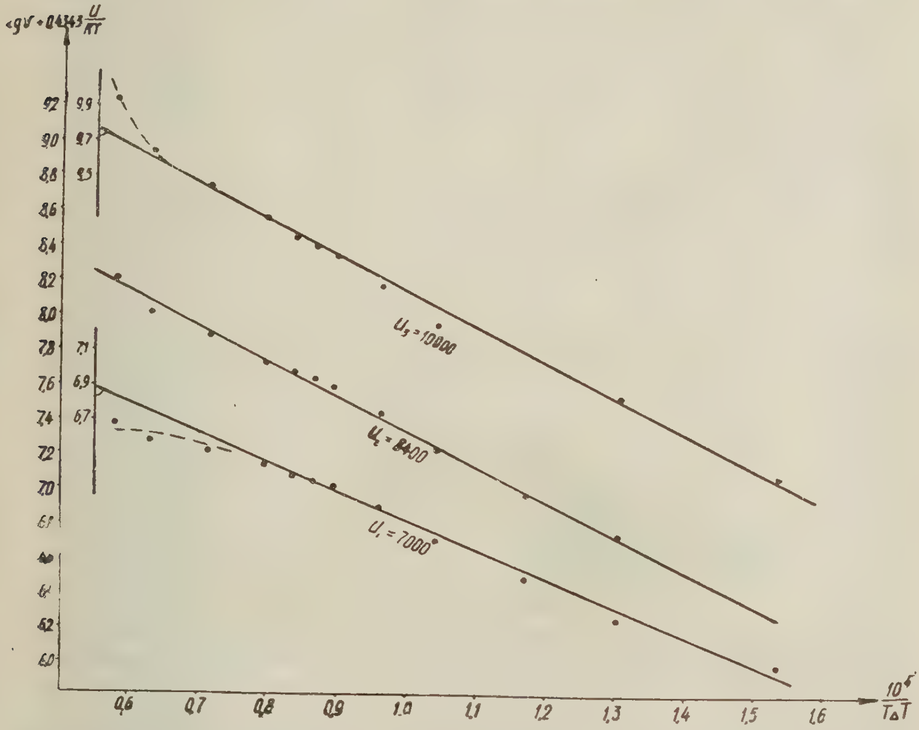


Рис. 2.

Оказалось, что в данном случае примерно столь же быстро приводит к результату метод простого подбора значений U (после того, как U_1 найдено по методу Ю. А. Криштал). На рис. 2 приведены графики зависимости $\lg v + 0{,}4343 \frac{U}{RT}$ от $\frac{10^4}{T\Delta T}$, построенные по данным А. П. Комара и К. И. Иванова для трех различных значений энергии активации U $\left(U_1 = 7000 \frac{кал}{г\text{-}ат};\ U_2 = 8400 \frac{кал}{г\text{-}ат};\ U_3 = 10000 \frac{кал}{г\text{-}ат}\right)$.

Из рис. 2. отчетливо видно, что для низких температур точки начинают заметно выпадать из графика для U_1 и U_3. При значениях энергии активации $U < 7000 \frac{кал}{г\text{-}ат}$ и $U > 10000 \frac{кал}{г\text{-}ат}$ это отклонение точек от прямой линии становится еще резче. При $U_2 = 8400 \frac{кал}{г\text{-}ат}$ во всем темпера-

турном интервале точки довольно хорошо укладываются на прямую. Это значение энергии активации используется нами и в дальнейшем для построения графиков по данным других авторов. Во всех случаях оно оказывается вполне удовлетворительным.

На рис. 3 (I и II) построены графики зависимости $lg\, v + \frac{1824^*}{T}$ от $\frac{10^4}{T\Delta T}$ по данным А. П. Комара и Б. Г. Лазарева [6] и Таммана и Дрейера [12], соответствующие рис. 1.

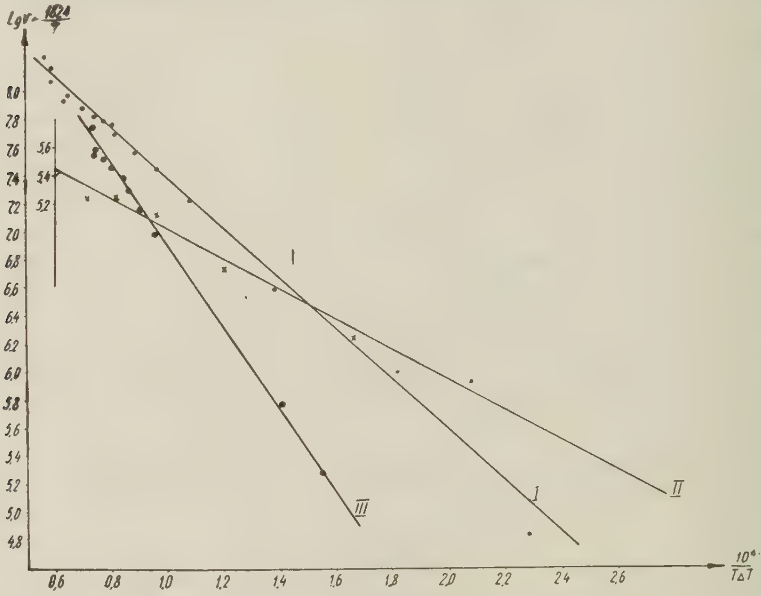


Рис. 3.

Как видно из рис. 3, точки хорошо укладываются на прямые линии за исключением малых переохлаждений (данные Таммана и Дрейера — табл. 1). При малых переохлаждениях значения линейной скорости превращения оказываются заметно большими, чем следует из формулы (3). Такие же отклонения имеют место при малых переохлаждениях и в других случаях (например, при кристаллизации глицерина). Это объясняется тем, что гипотеза роста кристаллов путем образования двухмерных зародышей предполагает, что молекулярный слой покрывает всю растущую грань кристалла за время, малое по сравнению со временем ожидания появления нового зародыша на грани. Если же эти времена сравнимы, то появление новых центров приведет к увеличению $v_{лин}$.

Из данных таблицы 2 видно, что порознь величины $e^{-\frac{U}{RT}}$ и $e^{-\frac{K_1}{T\Delta T}}$ изменяются очень сильно. Так, при переходе от —3° до —79° $e^{-\frac{U}{RT}}$ уменьшается в $10^{2,65} = 447$ раз, а $e^{-\frac{K_1}{T\Delta T}}$ возрастет в $10^{3,40} = 2512$ раз. Произ-

* $1824 = 0{,}4343 \cdot \frac{8400}{R}$.

Таблица 1

$t°$	ΔT	$\frac{10^4}{T\Delta T}$	$100\,v\,\frac{мм}{час}$ из [12]	$\lg 100\,v$	$\frac{1824}{T}$	$\lg 100\,v + \frac{1824}{T}$
10	3	11,78	0,025	$\bar{2}$,40	6,45	4,85
8	5	7,12	0,030	$\bar{2}$,48	6,50	4,98
5	8	4,50	0,037	$\bar{2}$,57	6,57	5,14
0	13	2,817	0,090	$\bar{2}$,95	6,68	5,63
— 5	18	2,075	0,130	$\bar{1}$,11	6,81	5,92
—10	23	1,653	0,195	$\bar{1}$,29	6,94	6,23
—20	33	1,198	0,325	$\bar{1}$,51	7,21	6,72
—30	43	0,958	0,405	$\bar{1}$,61	7,50	7,11
—40	53	0,811	0,250	$\bar{1}$,40	7,84	7,24
—50	63	0,712	0,115	$\bar{1}$,06	8,17	7,23

Таблица 2

$t°$	ΔT	$\frac{10^4}{T\Delta T}$	$v\,\frac{мм}{час}$ из [6]	$\lg v$	$\frac{1824}{T}$	$\lg v + \frac{1824}{T}$	$\lg (v\Delta T^2)$	$\frac{1303}{T}$ *	$\lg (v\Delta T^2) + \frac{1303}{T}$
— 1,3	14,5	2,538	0,028	$\bar{2}$,45	6,72	5,17	0,77	4,80	5,57
— 3	16,2	2,288	0,012	$\bar{2}$,08	6,76	4,84	0,50	4,83	5,33
— 7,5	20,7	1,818	0,130	$\bar{1}$,11	6,88	5,99	1,74	4,92	6,66
—15	28,2	1,376	0,318	$\bar{1}$,50	7,08	6,58	2,40	5,05	7,45
—24	37,2	1,080	0,790	$\bar{1}$,90	7,33	7,23	3,04	5,24	8,28
—30	43,2	0,952	0,842	$\bar{1}$,93	7,51	7,44	3,20	5,37	8,57
—35	48,2	0,872	0,750	$\bar{1}$,88	7,67	7,55	3,24	5,48	8,72
—40	53,2	0,808	0,730	$\bar{1}$,86	7,83	7,69	3,31	5,60	8,91
—41,2	54,4	0,794	0,760	$\bar{1}$,88	7,88	7,76	3,35	5,63	8,98
—44	57,2	0,763	0,660	$\bar{1}$,82	7,97	7,79	3,33	5,70	9,03
—46,8	60,0	0,736	0,556	$\bar{1}$,75	8,07	7,82	3,31	5,76	9,07
—52,3	65,5	0,694	0,410	$\bar{1}$,61	8,27	7,88	3,24	5,91	9,15
—60,0	73,2	0,641	0,250	$\bar{1}$,40	8,57	7,97	3,13	6,12	9,25
—63	76,2	0,625	0,170	$\bar{1}$,23	8,69	7,92	2,99	6,21	9,20
—71,7	84,9	0,586	0,100	$\bar{1}$,00	9,07	8,07	2,86	6,58	9,44
—71,7	84,9	0,586	0,124	$\bar{1}$,09	9,07	8,16	2,95	6,58	9,53
—79	92,2	0,559	0,068	$\bar{2}$,83	9,41	8,24	2,76	6,72	9,48

ведение этих двух функций хорошо описывает температурную зависимость линейной скорости превращения, значения которой увеличиваются в 70 раз при понижении температуры от —3° до —30° и уменьшаются в 12 раз при дальнейшем охлаждении до —79°, что убедительно свидетельствует в пользу представлений о росте кристаллов новой фазы (α—Sn) путем образования двухмерных зародышей. Значение энергии активации $U \approx \approx 8400 \frac{кал}{г\text{-}ат}$ имеет «разумный» порядок величины, т. к. перемещения атомов происходят в олове при наличии в нем значительных напряжений за счет превращения.

Зависимости (3) соответствуют и данные М. М. Чертока [13], однако исследованный им температурный интервал у́же и результаты получаются те же, что и у Таммана и Дрейера, поэтому соответствующих данных мы не приводим.

* $1303 = 0{,}4343 \cdot \frac{6000}{R}$.

И. Н. Странский и Р. Каишев [11], развивая представления о росте двухмерных зародышей, предположили, что к этим зародышам присоединяются не отдельные молекулы, а целые атомные ряды. При таком предположении вместо формулы (3) получаем следующую зависимость для линейной скорости превращения:

$$v = \frac{K_0'}{\Delta T^2} e^{-\frac{U'}{RT}} e^{-\frac{K_1'}{T\Delta T}} \qquad (5),$$

и значит линейной должна получиться зависимость $\left(ln\,[v\Delta T^2] + \frac{U'}{RT}\right.$, от $\frac{1}{T\Delta T}$. В опытах по кристаллизации салола [3] В. И. Данилов и В. И. Малкин показали, что экспериментальных данных для выбора одной из формул

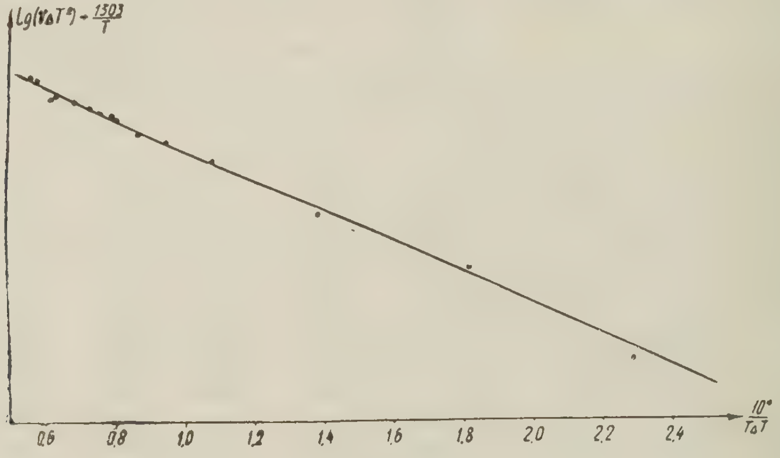


Рис. 4.

(3) или (5) в этом случае недостаточно (выполнялись обе зависимости). Использованный ими температурный интервал был весьма узким (от 39,8 до 38,7°). Можно было ожидать, что наличие данных для широкого интервала температур позволит в случае превращения белого олова в серое получить некоторый определенный результат. Соответствующие данные приведены в последних столбцах таблицы 2. По этим данным построен график рис. 4. Из рис. 3 и 4 видно, что данные А. П. Комара и Б. Г. Лазарева удовлетворяют как формуле (3), так и формуле (5) (в этом втором случае $U' = 6000 \frac{кал.}{г\text{-}ат}$, $K_0' = 1{,}35 \cdot 10^{13} \frac{мм}{час}$, $K_1' = 7{,}1 \cdot 10^4$ град²). Таким образом, на основании этих данных также нельзя сделать выбор в пользу одной из формул (3) или (5).

Из наклона прямых на рис. 2 и 3 можно определить значение K_1, а затем и K_0 в различных случаях $\left(\text{при значении } U = 8400 \frac{кал}{г\text{-}ат}\right)$. Так, по данным А. П. Комара и К. И. Иванова, при атмосферном давлении (рис. 2) [5] $K_1 = 45600$ град²; $K_0 = 10^{9,32} = 2{,}1 \cdot 10^9 \frac{мм}{час}$; по данным А. П. Комара и Б. Г. Лазарева [6] (рис. 3, I); $K_1 = 41700$ град²; $K_0 = 10^{9,19} = 1{,}6 \cdot 10^9 \frac{мм}{час}$; по

данным Таммана и Дрейера [12] (рис. 3, II) $K_1 = 24600$ град²; $K_0 = 10^{6,09} = 1,2 \cdot 10^6 \frac{мм}{час}$. Расчеты, по данным М. М. Чертока [13], дают значения для четырех различных сортов олова, лежащие в таких пределах: для K_0 от $0,5 \cdot 10^6 \frac{мм}{час}$ до $1,8 \cdot 10^6 \frac{мм}{час}$, для K_1 от 25800 до 28000 град².

Из полученных результатов отчетливо видно наличие двух групп экспериментальных данных, о которых упомянуто в начале статьи.

Из найденных значений K_1 можно определить величину σ поверхностного натяжения на границе α—Sn—β—Sn. Произведем соответствующие расчеты. Из (3а) имеем: $\sigma'^2 = \frac{K_1 k q'}{4 T_0}$. В выборе толщины зародыша δ имеется некоторая неопределенность. В качестве δ возьмем значение периода элементарной ячейки серого олова $a = 6,46$ Å.

$q' = q \cdot \frac{5,85}{118,7} \cdot \frac{6,46 \cdot 10^{-8}}{1}$, где $q = 532 \frac{кал}{г\text{-}ат}$ (скрытая теплота перехода в расчете на 1 *г-атом*).

$$q' = 169,5 \cdot 10^{-8}\ кал = 71\ эрг$$

$$\sigma'^2 = \frac{1,38 \cdot 10^{-16} \cdot 45600 \cdot 71}{4 \cdot 286} = 39 \cdot 10^{-14}; \quad \sigma' = 6,25 \cdot 10^{-7} \frac{эрг}{см^2}$$

$\sigma = 6,25 \cdot \frac{10}{6,46} = 9,7 \frac{эрг}{см^2}$ (по данным А. П. Комара и К. И. Иванова) $\left(9,6 \frac{эрг}{см^2}\right.$, по данным А. П. Комара и Б. Г. Лазарева.$\left.\right)$

Расчет по данным Таммана и Дрейера дает значение $\sigma = 7,1 \frac{эрг}{см^2}$ (приблизительно такое же значение получается по данным М. М. Чертока).

Данные работы [4] показывают, что значения U и σ, найденные из температурной зависимости числа центров и линейной скорости кристаллизации, весьма близки. Полученные нами U и σ дают возможность написать в явном виде температурную зависимость для числа центров при превращении β—Sn→α—Sn. Так, считая зародыши α—Sn кубическими, по данным из [12] получим:

$$n = Ae^{-\frac{8400}{RT}} e^{-\frac{562 \cdot 10^4}{T \Delta T^2}} \tag{6}$$

здесь n — число зародышей, возникающих в 1 *см*³ в 1 *сек*, A — константа, не зависящая от температуры.

К сожалению, данные, позволяющие полностью проверить эту формулу, отсутствуют. Однако, исходя из нее, можно рассчитать положение максимума на кривой $n = n(T)$. Расчет показывает, что этот максимум соответствует температуре —64°.

Из экспериментальных данных работы [12] следует, что максимум для числа центров лежит вблизи t = —60°, что дает весьма хорошее согласие с расчетными данными.

В нашей работе [1] увеличение линейной скорости превращения в случае монокристаллов, выращенных электролитически, по сравнению с другими случаями и другие факты объяснялись влиянием примесей и их перераспределением в процессе термообработки (обогащение поверхности образцов олова сурьмой, висмутом, свинцом при отжиге). Эта точка зрения получает новое подтверждение при анализе полученных выше результатов.

Есть достаточные основания считать сурьму, висмут и свинец поверхностно-активными элементами для олова (т. е. снижающими поверхностное натяжение на границе расплавленного олова с его парами). В. К. Семенченко [10] высказал предположение, что примеси, снижающие поверхностное натяжение на поверхности раздела кристалл—пар, снижают его также на поверхности раздела кристалл—расплав. Это предположение было подтверждено в частности в работе В. И. Данилова и Д. С. Каменецкой [2] на примере влияния калия на поверхностное натяжение жидкой ртути и на поверхностное натяжение на границе жидкость — кристалл в этой системе. Такого же влияния поверхностно-активных примесей можно ожидать в случае наличия границы раздела между двумя аллотропическими модификациями (например, для олова). В упомянутой выше работе [2] показано также, что наличие в ртути малой примеси калия при ее кристаллизации приводит к значительному уменьшению поверхностного натяжения на границе зародыш—жидкость и к уменьшению предъэкспоненциального множителя K_0. Сравнение данных Таммана и Дрейера с данными А. П. Комара и Б. Г. Лазарева показывает в этом случае также уменьшение и σ и K_0, что характерно для влияния поверхностно-активных примесей. Уменьшение множителя K_0 В. И. Данилов и Д. С. Каменецкая объясняют блокирующим действием калия, концентрирующегося у поверхности зародыша. Заметим, что подобное влияние примесей на превращение белого олова в серое наблюдалось Мэзоном и Форгенгом [8] на опыте. В образце Sn с примесями Bi скорость превращения белого олова в серое заметно уменьшалась по мере приближения к областям, обогащенным висмутом.

А. П. Комар и Б. Г. Лазарев сделали попытку объяснить различие в линейной скорости превращения в 200 раз различным давлением в образцах, выращенных электролитически и из расплава. Однако это представление по их собственному признанию не могло быть развито последовательно. Оно, например, не объясняло тот факт, что положение максимума на кривой в обоих случаях совпадало.

Проведенная нами обработка данных измерений А. П. Комара и К. И. Иванова линейной скорости превращения $\beta - Sn \to \alpha - Sn$ при давлении $p = 90$ *атм* [5] показывает, что влияние давления существенно иное. На рис. 3, III построен график зависимости $\left(lg v + \frac{1824}{T}\right)$ от $\frac{10^4}{T \Delta T}$. По графику находим значения констант: $K_0 = 6{,}5 \cdot 10^9 \frac{мм}{час}$, $\sigma = 11{,}8 \frac{эрг}{см^2}$. Таким образом, мы видим, что увеличение давления приводит к увеличению предъэкспоненциального множителя K_0 и поверхностного натяжения σ, в то время как значения обоих этих констант, по данным Таммана и Дрейера, оказываются меньшими, чем у А. П. Комара и Б. Г. Лазарева. Это еще раз доказывает, что расхождение в величинах линейной скорости превращения $\beta - Sn \to \alpha - Sn$ по данным двух групп исследований объяснить влиянием давления нельзя.

ВЫВОДЫ

1. В работе развиваются представления о линейной скорости превращения белого олова в серое путем образования двухмерных зародышей. Имеющиеся экспериментальные данные находятся в хорошем соответствии с уравнениями (3) и (5) и не позволяют отдать предпочтение одному из них.

2. Найдены значения констант, определяющих в различных случаях линейную скорость превращения $\beta - Sn \rightarrow \alpha - Sn$. По формуле (3), наряду с известными ранее $T_0 = 13{,}2°$ и $q = 532 \frac{кал}{г\text{-}ат}$, кинетика превращения определяется величиной энергии активации $U = 8400 \frac{кал}{г\text{-}ат}$ и константами K_0 и σ. В зависимости от условий опыта эти величины имеют значения $K_0 \approx 1 \cdot 10^6 \frac{мм}{час}$ и $\sigma = 7{,}1 \frac{эрг}{см^2}$ (по данным из [12, 13]) или $K_0 \approx 2 \cdot 10^9 \frac{мм}{час}$, $\sigma = 9{,}7 \frac{эрг}{см^2}$ (по данным из [5, 6]).

3. Расхождение между данными двух групп исследований объясняется влиянием поверхностно-активных примесей в одних случаях [12, 13] и отсутствием его при электролитическом получении образцов [5, 6]. Это влияние проявляется в уменьшении констант K_0 и σ. Подобное изменение констант превращения при наличии поверхностно-активных примесей уже отмечалось в литературе ранее [2].

4. Показано, что повышение давления на образец до 90 *атм* приводит к увеличению K_0 до $6{,}5 \cdot 10^9 \frac{мм}{час}$ и σ до $11{,}8 \frac{эрг}{см^2}$ и что, следовательно, различие в данных двух групп исследований объяснить влиянием давления нельзя.

В заключение пользуюсь случаем выразить благодарность проф. С. Д. Герцрикену за интерес к работе и обсуждение результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быховский А. И., ЖТФ, 26, 1956, стр. 1799.
2. Данилов В. И. и Каменецкая Д. С., Проблемы металловедения и физики металлов, 2-й сборник трудов, Металлургиздат, 1951.
3. Данилов В. И. и Малкин В. И., Проблемы металловедения и физики металлов, 2-й сборник трудов, Металлургиздат, 1951.
4. Коган Л. И., Неймарк В. Е., Пилецкая И. Б. и Энтин Р. И., Проблемы металловедения и физики металлов, 1-й сборник трудов, Металлургиздат, 1949.
5. Комар А. П. и Иванов К. И., ЖЭТФ, 6, 1936, стр. 256.
6. Komar A., Zasarew B., Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion 7, 1935, 468.
7. Криштал Ю. А., Проблемы металловедения и физики металлов, 1-й сборник трудов, Металлургиздат, 1949.
8. Mason C. W. and Forgeng W. D., Metals and Allows 6, 1935, 87.
9. Rogers R. R. and Fydell J. F., Journal of Electrochemical Society 100, 1953, 383.
10. Семенченко В. К., Цветные металлы, № 6, 1936, стр. 92.
11. Странский И. Н. и Каишев Р., УФН, 21, 1939, стр. 408.
12. Tammann G. und Dreyer K. L., Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 199, 1931, 97.
13. Черток М. М., ЖТФ, 5, 1935, стр. 711.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

С. Н. БЕКЕТОВСКИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОЙ КАЧЕСТВЕННОЙ РЕАКЦИИ В РЕШЕНИИ ВОПРОСА О СТРОЕНИИ ЛИГНИНА

I

Для качественного анализа лигнина применяют некоторые фенолы и азотсодержащие соединения. Известны и другие реактивы на лигнин. Мы предложили качественную реакцию на лигнин с азотнокислой медью [1, 2].

В качестве лигнинсодержащего объекта была избрана бумага различных сортов (оберточная, писчая низкого качества и др.), а также древесная вата — лигнин в виде тончайших гофрированных листов (употребляется для перевязок).

За основу концентрации растворов принята нормальность.

Чувствительность реакции определялась следующим образом: исходным является $2N$ раствор азотнокислой меди, дававший интенсивную окраску с лигнинсодержащими материалами. Затем раствор разбавлялся в два раза и снова проверялся и т. д., пока не получалась концентрация азотнокислой меди, дававшая с оберточной бумагой чуть заметное, но определенное окрашивание. Предельной концентрацией азотнокислой меди, при которой еще наблюдается окраска, является $0{,}001N$ раствор.

Реакцию наиболее удобно проводить так: приготовляют $2N$ раствор азотнокислой меди. Несколько капель свежеприготовленного раствора наносят на лигнин содержащий материал. Окрашивание появляется через несколько минут.

Образцы оберточной бумаги и другие лигнинсодержащие материалы, обработанные по такому методу, дали желто-зеленое окрашивание. Оказалось при этом, что чем ниже качество бумаги, тем интенсивнее зеленый оттенок полученного пятна, и наоборот. Целлюлоза без лигнина в виде гигроскопической ваты и беззольных фильтров давала в таких условиях голубое окрашивание.

Недавно нами установлено следующее. Интенсивность окраски пятен может быть значительно усилена, если высохшие пятна от азотнокислой меди, полученные на исследуемых образцах, обработать раствором щелочи. Такое проявление окраски еще больше подчеркивает различие в цветах образцов, содержащих лигнин и не содержащих его.

Преимуществом этой реакции на лигнин является несложность ее выполнения, а также то, что азотнокислая медь значительно дешевле флороглюцина и многих других известных реактивов на лигнин. Кроме того, оказалось возможным применить древесную вату (лигнин) в качестве реактива на медь в качественном анализе.

Описанная выше реакция и была применена нами в решении вопроса о наличии в лигнине активной группы.

II

В течение последних нескольких десятков лет исследователи лигнина далеко еще не пришли к общему выводу о его строении и в частности не нашли даже общепринятого решения вопроса о наличии или отсутствии в нем активных карбонильных групп. В связи с этим и возникла данная наша работа, имеющая целью внесение ясности в вопрос о наличии альдегидных групп в лигнине.

Сравнительно малая изученность лигнина является одной из основных причин задержки широкого практического использования его.

Так, лигнин сульфитцеллюлозных щелоков все еще спускают в огромных количествах в водоемы, которые тем самым загрязняются, причем наносится вред рыболовству, и лишь отчасти лигнин этих щелоков используется для производства крепителей формовочных земель, применяемых в литейном деле. Кроме того, из лигнина сульфитных щелоков готовят в небольшом количестве заменитель дубильных экстрактов и ванилин, а также его применяют в качестве топлива для паровых котлов. В последнее время лигнин начинают немного применять в производстве пластмасс и синтетических смол [3].

Э. Хегглунд [4] исследовал восстанавливающую способность различных образцов лигнина в отношении к фелинговой жидкости. В своей большой работе по химии древесины он писал, что цветные реакции с фенолами или аминами следует отнести за счет имеющегося в лигнине активного карбонила и далее прямо указал на наличие в молекуле лигнина остатка акролеина.

В. Фукс [5] оригинально объяснил строение молекулы лигнина. По его мнению лигнин представляет собой сложный кислород, содержащий гетероцикл, в котором имеется свободная карбонильная группа.

К. Фрейденберг привел соображения в пользу существования единого углеродного скелета у лигнина, основываясь на той стойкости, которую проявляет лигнин при нагревании его с концентрированной иодистоводородной кислотой. В одних его работах имеются высказывания о наличии карбонильной группы в молекуле лигнина, а в других работах того же автора имеются противоположные данные [6, 7].

В схеме разветвленного строения лигнина, предложенной Н. Н. Шорыгиной [8], отсутствует общий углеродный скелет в молекуле лигнина и нет карбонильных групп. Шорыгина с сотрудниками показала, что в лигнине многие связи между отдельными звеньями являются свободными эфирными связями, а также далее высказалась за наличие ацетальных связей, образованных за счет фенольных и углеводных гидроксилов.

М. И. Чудаков [9] извлекал лигнин из древесины корейского кедра горячим метанолом в автоклаве при 90° после предварительной очистки древесины спирто-бензолом, водой и горячим 5-процентным раствором бикарбоната натрия. Однако при этих условиях ему не удалось обнаружить карбонильные группы лигнина.

Н. И. Никитин [10] приводит многочисленные доказательства в пользу ароматической природы лигнина и того, что в сложном лигнинном комплексе наряду с фенилпропановыми единицами присутствуют и химически связанные с ними углеводы.

Следует подчеркнуть, что большинство исследователей лигнина пользовались относительно жесткими условиями для его извлечения. Разумеется, что при энергичном воздействии концентрированных кислот или щелочей исходный природный комплекс лигнина, конечно, разрушался.

Таким образом, часто исследователи определяли функциональные группы не исходного лигнина, а его производных, продуктов его частичной деструкции.

Поэтому при исследовании функциональных групп лигнинного комплекса особый интерес представляют органические растворители, обработку которыми можно рассматривать как мягкое воздействие на лигнин.

В данной работе мы подошли к решению вопроса о наличии активной карбонильной группы в молекуле лигнина, исследуя его в относительно мягких условиях.

Древесная мука осины экстрагировалась спирто-бензолом для удаления смолистых веществ, а затем обрабатывалась 3-процентным раствором соды для удаления гемицеллюлоз. Из подготовленного таким способом материала лигнин извлекался 10-кратным количеством диоксана путем 20-часового кипячения в присутствии катализатора (соляная кислота). Сырой лигнин осаждался из диоксанового раствора эфиром и очищался от водорастворимых продуктов нагреванием с горячей водой. Выделенный лигнин очищался переосаждением. Этот лигнин содержал 64,7% углерода и 5,5% водорода. Содержание метоксильных групп составляло 17,0%.

Вместо диоксана для выделения лигнина в присутствии того же катализатора был взят далее изобутиловый спирт, а затем гликоль. Извлечение при этом длилось 6 часов. Изобутиловый спирт из раствора отгонялся, а спиртовый фильтрат при работе с гликолем осаждался прибавлением воды. После промывания и высушивания лигнин имел во всех этих операциях желтоватую окраску и представлял собой аморфное вещество.

Для обнаружения свободных активных карбонильных групп в очищенном лигнине была применена описанная выше азотномедная реакция на лигнин [1, 2].

Принцип этой новой реакции на лигнин тот же, что и при реакции Троммера для обнаружения свободных карбонилов или при реакции с фелинговой жидкостью, но предложенный нами реактив менее сложен, а условия его взаимодействия с лигнином более мягки [нагревание исключено].

Свежеприготовленный раствор азотнокислой меди наносился в количестве нескольких капель на образцы полученного нами очищенного от примесей лигнина. Появление характерного зеленоватого окрашивания замечалось каждый раз через несколько минут без нагревания или подсушивания.

Очистка лигнина и переосаждение его делают возможным считать, что это окрашивание вызвано наличием в лигнине свободных активных группировок. Образцы очищенного лигнина, смоченные раствором фуксиносернистой кислоты, неизменно приобретали ясно выраженную синевато-красную окраску.

Параллельно исследовалось взаимодействие раствора азотнокислой меди с ацетоном и формальдегидом в щелочной среде. При этом ацетон не реагировал, а формалин реагировал, хотя очень медленно. Особенно заметное зеленое окрашивание от формальдегида наблюдалось при замене щелочи раствором аммиака.

Реакция азотнокислой меди с другим сильным восстановителем— раствором глюкозы — шла в щелочной среде (без нагревания) еще медленнее, чем с формальдегидом, что объясняется наличием окисного строения глюкозы. Спирты метиловый и этиловый, а также простые эфиры не действовали на азотнокислую медь. Все эти опыты позволяют связать появление

зеленой окраски на лигнинсодержащих образцах при действии на них азотнокислой меди (с последующим проявлением щелочью) с наличием в лигнине свободных альдегидных группировок, т. к. метоксильные, этоксильные и гидроксильные группы упомянутых органических растворителей не действовали на азотнокислую медь.

Наличие альдегидных групп подтверждается также еще и тем, что выделенный нами лигнин реагирует с бисульфитами щелочей, хотя и связывает их в незначительном количестве (следы).

Большинство исследователей признает наличие в лигнине гваяцильных производных. Поэтому представлялось интересным выяснить отношение самого гваякола к азотнокислой меди. Нами взяты кристаллы гваякола слабожелтоватого цвета с температурой плавления 28°. Его насыщенный водный раствор дал с азотнокислой медью желто-зеленое окрашивание.

Затем аналогичным образом было исследовано взаимодействие с азотнокислой медью ближайшего производного гваякола — ванилина. Ванилин, взятый для анализа, представлял собой белый кристаллический порошок с запахом ванили и жгучим вкусом. Температура плавления его 81°. К раствору этого препарата в винном спирте был добавлен раствор азотнокислой меди. При этом наблюдалось интенсивное желто-зеленое окрашивание (зеленый оттенок здесь сильнее выражен, чем в реакции азотнокислой меди с гваяколом).

Эти опыты с гваяколом и ванилином свидетельствуют о том, что желто-зеленое окрашивание, появляющееся при действии азотнокислой меди на древесную вату и другие лигнинсодержащие материалы связано с наличием в лигнине гваяцильных группировок.

При окончании данной работы нам пришлось услышать догадку о том, что, может быть, желто-зеленое окрашивание вызвано наличием в лигнине остатков пирокатехина, а не остатками гваякола. Для выяснения этого вопроса нами дополнительно сравнено взаимодействие пирокатехина и гваякола с азотнокислой медью в щелочной среде без нагревания (пирокатехин для этой цели был очищен перекристаллизацией и имел температуру плавления 104°). При этом пирокатехин дал темно-бурое окрашивание, а гваякол зеленоватое. Пирокатехин, кроме того, дал коричневое окрашивание с раствором хлорного железа, перешедшее при прибавлении соды в красно-фиолетовое, чего не наблюдалось ни в случае гваякола, ни в случае лигнина, очищенного различными способами (гваякол и лигнин в присутствии соды давали похожее друг на друга буро-коричневое окрашивание, резко отличавшееся от того окрашивания, которое давал пирокатехин в этих самых условиях). Отсутствие в лигнине фенольных остатков, содержащих свободные гидроксильные группы в ортоположении подтверждается также и тем, что свинцовый сахар не осаждался из раствора при взаимодействии с образцами полученного нами лигнина.

Таким образом, качественная реакция с азотнокислой медью открывает не только свободные альдегидные группы, но и гваяцильные остатки. Причем альдегидная группа при условии отсутствия нагревания вызывает только позеленение, а гваяцильная группа усиливает желтизну пятен, получаемых на лигнинсодержащих материалах.

Появляющееся при этом пожелтение возможно связано с образованием нитропроизводных или комплексообразованием, но для решения последнего вопроса понадобилось бы отдельное исследование.

ВЫВОДЫ

1. Новая реакция с азотнокислой медью на лигнин (от капли 2*N* раствора азотнокислой меди на лигнинсодержащих материалах появляется желто-зеленое окрашивание) получила дальнейшее развитие и приложена к решению вопроса о наличии активных группировок в лигнине.

2. Критически оценивая противоречивые сведения о строении лигнина, имеющиеся в известной по этому вопросу литературе, на основе описанных здесь новых экспериментальных данных, подтверждающих наличие в лигнине активного карбонила, можно придти к выводу о справедливости высказываний проф. Н. И. Никитина об исключительной сложности исходного природного лигнинного комплекса (в котором по мнению этого исследователя наряду с фенилпропановыми единицами присутствуют и химически связанные с ними углеводы). Данные же М. И. Чудакова и др. об отсутствии карбонилов в лигнине не подтвердились описанными здесь опытами.

3. Наши опыты показали наличие в лигнинном комплексе не только свободных альдегидных групп, но они подтверждают также наличие гваяцильных остатков в лигнине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекетовский С. Н., Качественная реакция на лигнин, «Журнал аналитической химии», № 6, 1951, стр. 328.
2. Бекетовский С. Н., Новая качественная реакция на лигнин, «Журнал аналитической химии», № 9, 1954, стр. 112.
3. Никитин Н. И., Химия древесины, М.—Л., 1951, стр. 328.
4. Хегглунд Э., Химия древесины, М., 1933, стр. 131.
5. Фукс В., Химия лигнина, Л., 1936, стр. 270.
6. Одинцов П. Н., Новое в химии лигнина, Труды Института лесохозяйственных проблем АН Латв. ССР, вып. I, Рига, 1949, стр. 162.
7. Кононова М. М., Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения, М., 1951, стр. 105.
8. Шорыгина Н. Н., Кефели Т. Я. и Семечкина А. Ф., К вопросу о строении лигнина, «Гидролизн. пром.», № 12, 1948, стр. 6.
9. Чудаков М. И., Получение природного лигнина из деструктивно разрушенной древесины, Доклады АН СССР, Нов. сер., т. 62, № 6, 1948, стр. 783.
10. Никитин Н. И., Новые исследования в области химии древесины и целлюлозы, Труды Института леса АН СССР, т. II, 1948, стр. 32.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Ю. А. СИКОРСКИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ И НАРУШЕНИЙ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОНИЦАЕМОСТЬ КРИСТАЛЛОВ

I. ВВЕДЕНИЕ

В связи с широким применением изоляционных материалов в технике исследование электрических свойств диэлектриков представляет большой теоретический и практический интерес [1]. Особенно важным следует считать изучение щелочногалоидных кристаллов ввиду того, что они, обладая простой кристаллической структурой, являются удобной моделью для исследования механических, оптических и электрических свойств диэлектриков. Действительно, изучению физических свойств этих кристаллов посвящено значительное количество работ. Так, например, оптические свойства щелочногалоидных кристаллов изучались школами Поля [2], Иоффе [3], Тартаковского [4], Арцыбышевым [5], Синельниковым, Курчатовым, Вальтером, Трапезниковой [6], Шамовским [7] и многими другими.

Красин [8] и Сикорский [9] установили, что диэлектрические потери в окрашенных кристаллах каменной соли и сильвине при освещении увеличиваются. К таким же результатам пришел в своей работе и Кривов [10]. Сикорский [11] обнаружил, что диэлектрические потери в кристаллах NaCl, KCl и KJ при отжиге уменьшаются, а наклеп отожженных кристаллов увеличивает в них диэлектрические потери. Увеличение диэлектрических потерь окрашенных и деформированных кристаллов Сикорский объяснил изменением энергетического состояния кристаллической решетки. На зависимость между состоянием кристаллической решетки и диэлектрическими потерями кристалла указывает также и работа Водопьянова и Ивлева [12], наблюдавших заметное увеличение угла диэлектрических потерь в кристаллах NaCl с примесью ионов меди. Воробьев, Водопьянов и Кривов [13] установили связь между величиной диэлектрических потерь в щелочногалоидных кристаллах и их электрической прочностью.

С другой стороны, влияние отжига на внутренние напряжения в кристаллической решетке было обнаружено рядом авторов. Так, например, Шмид и Фаупель [14], Кузнецов и Семенов [15] и другие наблюдали при отжиге изменение прочности, модуля Юнга и других постоянных, характеризующих механические свойства кристаллов, а М. Большанинова и Н. Большанинова [16] отметили увеличение модуля Юнга, пределов пропорциональности и текучести при окрашивании кристаллов NaCl лучами Рентгена. Уэта и Кенциг [17] наблюдали смещение максимума кривой поглощения кристаллов NaCl с красящими центрами при деформации и одновременном освещении белым светом.

Согласно расчетам Перлина [18] поляризуемость красящего центра должна быть больше, чем у регулярного иона решетки. Поэтому следует ожидать, что при окрашивании кристаллов их диэлектрическая проницаемость должна увеличиваться. Эти соображения проверяются в данной работе.

В процессе исследования измерялась ε кристаллов, облученных коротковолновым излучением и окрашенных аддитивно в электрическом поле. Электролитическое окрашивание в электрическом поле производится при высокой температуре. Отжиг кристаллов влияет на их механические и электрические свойства, как было указано выше [10, 11 и 16]. Вследствие этого, для исключения возможного влияния отжига, которому подвергаются кристаллы в процессе электролитического окрашивания на ε кристаллов, одновременно с окрашиванием кристаллов NaCl производился и их отжиг в таком же температурном режиме, как и окрашивание.

II. ОПИСАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Определение диэлектрической проницаемости производилось из измерений емкости плоского конденсатора с исследуемым кристаллом в качестве диэлектрика в поле токов высокой частоты ($\lambda = 16$ *м*) по методу биений, примененному автором ранее [19]. Генераторы были собраны по транзитронной схеме. Питание их осуществлялось выпрямленным переменным током.

Как известно, значение ε для кристаллов NaCl, вычисленное по формуле Борна [20], составляет 5,3. Экспериментальные значения ε колеблются между 5,60 и 6,36 [21]. Различные значения ε, полученные рядом авторов, можно отнести отчасти за счет различного происхождения исследованных образцов каменной соли и зависят от условий образования их и последующей истории. В дальнейшем будет показано, что предварительная термическая обработка кристаллов, влияя на их механические свойства, скажется и на электрических свойствах кристаллов.

Ввиду того, что ожидались небольшие изменения в величине ε, особое внимание было уделено точности измерений. Погрешность измерений зависит от:

1. Разности толщины образцов: контрольного и исследуемого. Толщина образцов подгонялась под одинаковую с точностью до 0,001 *мм*.

2. Точности, с которой устанавливается момент резонанса. Момент резонанса может быть установлен с точностью до 1 деления шкалы прецизионного конденсатора настройки, что соответствует изменению емкости на 0,0005 *см* в начале шкалы и на 0,002 *см* в конце шкалы.

3. Стабильности работы измерительной установки. Для обеспечения стабильности работы подаваемое на измерительную установку напряжение стабилизировалось феррорезонансным стабилизатором с последующей стабилизацией выпрямленного напряжения ионным стабилизатором. Тем не менее, для исключения возможных изменений в режиме измерительного устройства, измерения контрольного и исследуемого образцов чередовались. Измерения каждой пары образцов производились по 30 раз. После этого один образец из пары оставлялся для контроля, а второй подвергался воздействию. После этого вновь промерялись оба образца.

Подсчет диэлектрической проницаемости образцов производился по формуле:

$$\varepsilon = 1 + \frac{4\pi}{s} cd \qquad (1),$$

где: $C = C_1 - C_2$,

S — площадь пластин измерительного конденсатора,

C_1 — емкость конденсатора настройки, когда измерительный конденсатор заполнен исследуемым образцом.

C_2—емкость конденсатора настройки, когда измерительный конденсатор заполнен воздухом,

d — толщина исследуемого образца.

Ожидаемая относительная погрешность результата:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta d}{d} = \frac{0,002}{1,005} + \frac{0,001}{5} \approx 0,002.$$

Величина $\frac{4\pi}{s} = 11,10$ является постоянной во всех сериях измерений.

В таблице 1 приведены значения ε одного из кристаллов NaCl. Диэлектрическая проницаемость другого (контроля) принята равной 1000.

Как следует из подсчета ожидаемой погрешности и данных таблицы 1 относительная погрешность в измерении ε составляет:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} < 0,003.$$

Таблица 1

№ измерений	ε
1	1001
2	1001
3	1004
4	1001
5	1005
6	1000
7	1002
8	1000
9	1001
10	1001
Среднее	1002

Таблица 2

№ образцов	ε образцов, охлажденных в парафине	ε образцов, охлажденных в воздухе
1	986 ± 3	991 ± 3
2	982 ± 3	953 ± 3
3	994 ± 3	983 ± 3
4	982 ± 3	993 ± 3
5	985 ± 3	984 ± 3
6	989 ± 3	
Среднее	986 ± 3	984 ± 3

III. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Кристаллы NaCl, отожженные в тепловом режиме окрашивания и охлажденные в парафине или в воздухе

Для измерений приготовлялись два одинаковых кристалла NaCl указанных выше размеров. Один из них оставлялся для контроля, второй подвергался отжигу при температуре 700° в течение трех часов. Отожженный кристалл вынимался из печки и либо опускался в парафин, либо охлаждался в воздухе. Измерения ε у контрольного и отожженного кристаллов производились до и после отжига. Полученные значения ε для ряда исследованных образцов занесены в таблицу 2. Диэлектрическая проницаемость контрольного образца принята равной 1000.

Данные, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о том, что отжиг кристаллов с последующим охлаждением в парафине или в воздухе уменьшает диэлектрическую проницаемость кристаллов.

2. Кристаллы NaCl с атомарными красящими центрами

Окрашивание кристаллов производилось по методу Арцыбышева [5] в электрическом поле при температуре 700° с натриевого катода. После окрашивания кристаллы быстро охлаждались в парафине для получения атомарной окраски. В таблице 3 приведены полученные данные.

Таблица 3

№ образцов	ε
1	977 ± 3
2	991 ± 3
3	991 ± 3
4	980 ± 3
5	984 ± 3
6	983 ± 3
7	991 ± 3
Среднее	985 ± 3

Как следует из приведенных в таблице 3 данных, ε окрашенных кристаллов с атомарными красящими центрами меньше, чем у неокрашенного кристалла. Нужно думать, что это уменьшение связано не с красящими центрами, а вызвано отжигом, сопровождающим окрашивание в электрическом поле. Действительно, средние значения ε окрашенных кристаллов и отожженных в температурном режиме окрашивания, в пределах точности измерений одинаковы.

Если считать, что поляризуемость красящего центра больше, чем у регулярного иона решетки, как было указано выше, то концентрация этих центров столь мала, что вызванное наличием *F*-центров увеличение ε весьма незначительно и, возможно, лежит в пределах точности примененной методики.

Действительно, максимальное число вакансий для электронов в кристаллах каменной соли по данным Страуманиса [22] при комнатной температуре следует считать равным 5,0. 10^{17} в *см*^{3}, т. е. на один *F*-центр приходится 10^6 регулярных ионов решетки. Вряд ли поляризуемость красящего центра может быть столь большой, чтобы такое незначительное количество этих центров могло вызвать заметное изменение ε кристалла при его окрашивании атомарными центрами. Ниже приведен подсчет, подтверждающий правильность этих соображений.

3. Атомарные центры, полученные путем облучения лучами рентгена или γ-лучами радия

В процессе электролитического окрашивания кристалл подвергается отжигу, влияющему на механические и электрические свойства кристаллов, как было указано выше. Для исключения влияния отжига на ε кристалла была проведена следующая серия измерений на кристаллах каменной соли, окрашенных коротковолновым излучением.

Таблица 4

Кристалл	ε
Окрашен лучами Рентгена	999
Облучен γ - лучами радия	998
Контроль	1000

Окрашивание лучами Рентгена производилось на терапевтической трубке, на расстоянии 30 *см* от антикатода, без фильтра, при напряжении на трубке в 150 *кв* и токе в 25 *ма* в течение 120 часов. Облучение γ-лучами от препарата в 25 *мг* радия производилось в течение 140 суток непрерывного облучения.

Полученные в результате измерений данные приведены в таблице 4. Как следует из рассмотрения данных этой таблицы, окрашивание кристаллов лучами Рентгена или γ-лучами радия в пределах точности измерений не вызывает изменения диэлектрической проницаемости кристаллов.

4. Кристаллы NaCl с коллоидальными центрами

Для получения кристаллов NaCl с коллоидальными центрами, окрашенные в электрическом поле кристаллы охлаждались в воздухе. В этом случае охлаждение протекает относительно медленно, *F*-центры успевают

коагулировать и образовать в кристалле вкрапления металлического натрия. Кристаллы с коллоидальными центрами проявляют ясно выраженный эффект Тиндаля.

В таблице 5 приведены значения ε кристаллов NaCl с коллоидальными центрами.

Как следует из рассмотрения данных таблицы 5, ε кристаллов с коллоидальными центрами больше, чем у неокрашенных кристаллов. Ввиду того, что в процессе окрашивания кристалл претерпевает отжиг, полученные значения ε отнесены к диэлектрической проницаемости отожженных кристаллов, принятой равной 1000. Можно подсчитать ε коллоидальных центров в кристаллах NaCl, пользуясь известными формулами для смесей, собранными в работе Бруггмана [23] и подвергнутыми сравнению с опытом Файк и Шаумом [24].

Таблица 5

№ образцов	ε
1	1025 ± 3
2	1032 ± 3
3	1019 ± 3
4	1022 ± 3
5	1025 ± 3
6	1043 ± 3
7	1025 ± 3
Среднее	1027 ± 3

Для подсчета воспользуемся формулой Винтгена [25], преобразованной к нашему случаю, когда число красящих центров гораздо меньше числа регулярных ионов решетки:

$$\varepsilon_{\text{колл.}} = \frac{\varepsilon_{\text{смеси}} - (1 - x)\,\varepsilon_{\text{NaCl}}}{x} \qquad (2),$$

где: $\varepsilon_{\text{колл.}}$, $\varepsilon_{\text{смеси}}$ и $\varepsilon_{\text{NaCl}}$ — диэлектрическая проницаемость коллоидальных центров, кристалла каменной соли с коллоидальными центрами и каменной соли соответственно, x — отношение числа коллоидальных центров к числу атомов кристалла. Подставляем в формулу (2) полученные данные и, принимая во внимание, что $x \ll 1$, получим

$$\varepsilon > 10000,$$

т. е. очень большое число, соответствующее металлу.

Таким образом, полученные данные подтверждают установившееся представление о том, что коллоидальные красящие центры в кристаллах NaCl являются вкраплениями металла в кристаллическую решетку. Причем металлические свойства красящих центров проявляются лишь тогда, когда эти центры не рассеяны по всему кристаллу в виде атомарных образований, а собраны в коллоидальные вкрапления.

IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Уменьшение диэлектрической проницаемости кристаллов каменной соли при их отжиге связано, по-видимому, с изменением внутренних напряжений в кристаллической решетке, так как отжиг кристаллов существенно изменяет их механические свойства. Наличие атомарных красящих центров, полученных различными методами, не изменяет ε кристалла. Нужно полагать, что поляризуемость F-центра столь мала, что вызванное ею изменение ε кристалла не может быть обнаружено нашим методом. Действительно, на основе электронной теории диэлектриков следует, что

относительное изменение диэлектрической проницаемости при окрашивании

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{4\pi}{9\varepsilon}(\varepsilon+2)^2\gamma N_F \quad (3),$$

где: γ — поляризуемость красящего центра,
N_F — число красящих центров.

Примем значение поляризуемости красящего центра, рассчитанное Перлиным [18] и равное $\gamma = 16{,}0 \cdot 10^{-23}\left(\frac{m}{\mu}\right)^3 см^3$, количество красящих центров $N_F = 5 \cdot 10^{17}$ в $см^3$ и $\varepsilon = 1{,}000$. После подстановки этих значений в формулу (3) получим:

$$\Delta\varepsilon = \frac{4\pi}{9}1{,}0^2 \cdot 16{,}0 \cdot 10^{-23} \cdot 5{,}0 \cdot 10^{17} = 0{,}0001.$$

Подсчет показывает, что изменение ε лежит в пределах точности примененной методики и обнаружено быть не может.

Результаты проведенной работы сводятся к следующему:

1. Исследовано влияние отжига на ε кристаллов каменной соли. Обнаружено уменьшение диэлектрической проницаемости кристаллов при отжиге.

2. Нужно думать, что изменение ε при отжиге связано с изменением внутренних напряжений в кристаллической решетке.

3. Наличие коллоидальных красящих центров увеличивает диэлектрическую проницаемость кристаллов. Ориентировочный подсчет подтверждает представления о том, что коллоидальные красящие центры можно рассматривать, как коллоиды металла, вкрапленные в кристаллическую решетку.

4. Наличие атомарных красящих центров, полученных различными методами, в пределах точности методики, не изменяет ε кристалла.

5. Нужно думать, что колебания в значениях ε, полученных разными авторами, объясняется различным происхождением исследованных ими кристаллов.

6. Метод измерения диэлектрической проницаемости может быть применен для исследования характера связи воды в почве и семенах растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сканави Г. И., Физика диэлектриков, ГИТТЛ. 1949.
2. Pohl R. W., Phys., ZS., 39, № 1, 37, 1938.
3. Иоффе А. Ф., Физика кристаллов, Ленинград, 1929.
4. Тартаковский П. С., Внутренний фотоэффект в диэлектриках, ГИЗ, 1940.
5. Арцыбышев С. А., Труды физ. ин-та им. Лебедева, 1 № 3, 9, 1938.
6. Синельников К. Д., Курчатов И. В., Вольтер А. К., и Трапезникова О. Н., Phys., ZS. Sow., 1, 337, 1932.
7. Шамовский Л. М., ДАН, 91, № 2, 229, 1953.
8. Красин А. А., ДАН, 2, № 6, 356, 1934.
9. Сикорский Ю. А., ДАН, 32, № 1, 35, 1941.
10. Кривов М. А., Труды Сиб. ФТИ, вып. 28, 347, 1949.
11. Сикорский Ю. А., ДАН, 54, № 4, 317, 1946.
12. Водопьянов К. А. и Ивлев В. Ф., ЖТФ, 8, № 17, 1521, 1938,
13. Воробьев А. А., Водопьянов К. А. и Кривов М. А., ДАН. 96, № 6, 1135, 1954.
14. Schmidt E. и Vaupel O., ZS. f., Phys., 56, 313, 1929.
15. Кузнецов В. Д. и Семенов В. А., Труды Сиб. ФТИ, I, № 1, I, 1932.
16. Большанинова М. А. и Большанинова Н. А., Труды Сиб. ФТИ, I, № 1, 16, 1932.

17. Ueta M., Kännzig W., Phys. Rev., 94, № 5, 1390, 1954.
18. Перлин Ю. Е, ЖЭТФ. 20, № 3, 274, 1950.
19. Сикорский Ю. А., Бердинских И. П. и Кобликова А. Г., Деревообрабатывающая промышленность, № 9, 16, 1955.
20. Сканави Г. И., Физика диэлектриков, стр. 137, 1949.
21. Eucken и Büchner, ZS. Phys. chem, 27, № 5—6, 321, 1932.
22. Straumanis M. E., Amer. Mineralogist, 38, № 7—8, 662, 1953.
23. Bruggeman D., Ann., d. Phys. 24, № 5, 636, 1935.
24. Feick R. и Schaum K., Zeits. f. Wiss. Photogr. Photophys и Photoch., 23, № 12, 397, 1925.
25. Wintgen R., Koll. Chem., Beihefte, 7, 266, 1915.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Е. М. СКОБЕЦ

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКИХ ВОЛН, ПОЛУЧЕННЫХ НА ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОДАХ

I. ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКИЕ МАКСИМУМЫ НА ТВЕРДЫХ ЭЛЕКТРОДАХ

В одной из предыдущих работ [1] нами был предложен очень простой способ автоматической съемки полярограмм на твердых электродах. В случае стационарного твердого электрода полученные этим способом полярограммы имеют волны с ярко выраженными максимумами - пиками. По внешнему виду эти максимумы - пики весьма напоминают максимумы, наблюдаемые на полярограммах, полученных с обычным ртутным капельным электродом. По своей природе они все же существенно отличаются от обычных полярографических максимумов. Известно, например, что добавление к раствору поверхностно активных и коллоидальных веществ устраняет полярографические максимумы, возникающие на ртутном капельном электроде. В частности, небольшая добавка желатины полностью устраняет максимум свинца. На рис. 1 мы приводим полярограммы, записанные автоматически на твердом амальгамированном катоде для $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ молярного раствора $Pb(NO_3)_2$ на фоне 0,1 молярного KCl. Как видно из рисунка, даже большие количества добавленной желатины в этом случае не устраняют максимума. Наблюдается только некоторое снижение диффузионного тока ионов свинца в результате увеличения вязкости раствора после добавления значительного количества желатины. Таким образом, полярографический максимум, полученный на твердом электроде, в отличие от максимумов, наблюдаемых на ртутном капельном электроде, оказывается совершенно не чувствительным к добавкам желатины. Последнее обстоятельство указывает, что несмотря на внешнюю схожесть форм максимумов на полярографических волнах, полученных при автоматической записи на обоих электродах, условия их образования в действительности резко отличаются. Причины, вызывающие появление

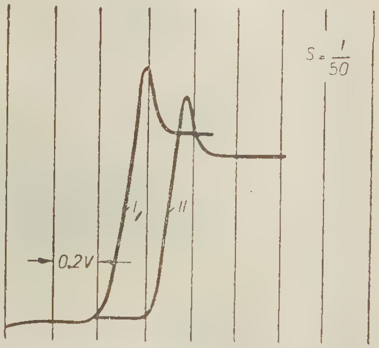


Рис. 1. Полярограмма раствора $Pb(NO_3)_2$ на фоне 0,1 м KCl, автоматически записанные на амальгамированном каплеобразном серебряном электроде. Диаметр капли 1,76 *мм*. Анод—слой ртути на дне сосуда, I кривая без желатины, II кривая с большим количеством желатины.

максимума на твердом электроде, по-видимому, отличаются от таковых для ртутного капельного электрода.

Акад. Фрумкиным и его школой [2] установлено, что максимумы на ртутном капельном катоде возникают в результате наличия тангенциальных движений поверхности ртутной капли. Поверхностно активные вещества и коллоидные вещества, адсорбируясь на поверхности ртутной капли, оказывают тормозящее действие движению поверхности и, тем самым, устраняют максимумы. Из рис. 1 следует, что механизм возникновения и способ погашения максимумов, предложенные Фрумкиным для ртутного капельного катода, не пригодны для твердого электрода. В случае твердого электрода причиной появления на полярограммах максимумов-пиков, по нашему мнению, является особенность формирования тока во времени на этом электроде. Действительно, на всех участках кривой сила тока — напряжение величины тока определяется уравнением:

$$i = \frac{E \text{ прилож.} - E \text{ обратное}}{R} \quad (1).$$

На участках диффузного тока для силы тока можно написать следующее выражение:

$$i = snFf = nFsD\frac{dc}{dx} \quad (2),$$

в котором S — поверхность катода; n — валентность восстанавливающегося иона; F — постоянная Фарадея; f — поток восстанавливающегося иона; D — коэффициент диффузии; $\frac{dc}{dx}$ — концентрационный градиент. Из уравнения (2) следует, что при постоянной температуре величина диффузионного тока для данного иона в данном растворе зависит исключительно от изменения концентрационного градиента во времени на поверхности электрода. Изменение концентрации вещества в различные отрезки времени от начала электролиза и на различных расстояниях от поверхности электрода, как известно, определяется выражением [3]:

$$C_{x,t} = C_0 \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{Dt}}} e^{-y^2} dy \quad (3).$$

Дифференцируя это выражение при t и D постоянных и при $x = 0$, получаем

$$\frac{dc}{dx_{x=0}} = \frac{c}{\sqrt{\pi D t}} \quad (4),$$

Из уравнения (4) следует, что концентрационный градиент на поверхности электрода изменяется обратно пропорционально корню квадратному из времени электролиза; тому же закону следует и изменение силы диффузионного тока во времени

$$i_{\text{диф}} = nFsC\sqrt{\frac{D}{\pi t}} \quad (5).$$

Уравнение (5) выведено для случая линейной диффузии к плоскому электроду. Это уравнение было экспериментально проверено Лейтиненом и Кольтгофом [4]. При экспериментальной проверке уравнения (5) Лейтинен и Кольтгоф измеряли силу тока по прошествии не менее 2 минут после включения электрода в цепь тока. В одной из своих работ [5] мы обратили внимание на бросок тока или максимальный ток, возникающий в первые

секунды после включения электрода в цепь тока. Интересно отметить, что спад силы тока во времени от максимальных значений до установившихся после 2 минут выжидания весьма близко следуют закону линейной диффузии

$$i\sqrt{t} = K \tag{6}$$

даже на каплеобразном твердом электроде. На рис. 2 мы приводим опыты, показывающие возникновение максимального тока на твердом электроде и спад его в растворе $2{,}4\cdot10^{-3}$ м $CoSO_4$ на фоне 0,1 молярного раствора KCl на серебряном амальгамированном катоде. Анод — слой ртути на дне. Кислород из раствора удалялся водородом.

Приложенные электродвижущие силы в 1,1; 1,4; 1,6 вольта соответствуют участку предельного тока для ионов кобальта. Аппаратура и техника съемки бросков тока описаны подробно в нашей работе [5].

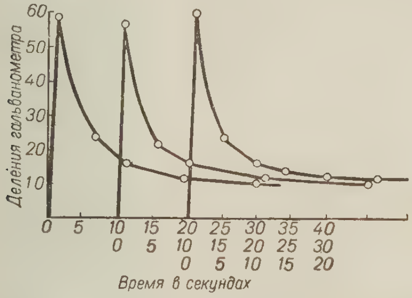


Рис. 2. Броски тока в $2{,}4\cdot10^{-3}$ м растворе $CoSO_4$ на фоне 0,1 м KCl I — при 1,1, II — при 1,4, III — при 1,6 вольта.

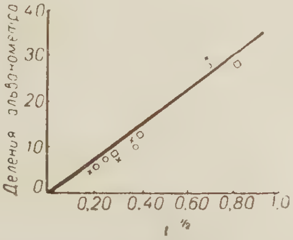


Рис. 3. Изменение броскового тока во времени.

На рис. 2 нанесены силы тока в зависимости от $t^{-1/2}$ для всех трех случаев спада максимальных токов. Как видно из рисунка 3, точки сравнительно хорошо укладываются на одну прямую, тангенс угла наклона которой характеризуется константой K (см. уравн. 6).

Нам кажется, что наличие броскового тока на твердом стационарном электроде, изменяющегося в первые секунды времени по закону линейной диффузии на твердом электроде любой формы, есть та причина, которая приводит к образованию максимумов на автоматически снятых полярограммах. При автоматической съемке полярограмм на твердом электроде на участке предельного тока изменение силы тока во времени будет близко следовать вышеуказанному закону. На волне, наоборот, благодаря непрерывному наложению внешней электродвижущей силы зайчик гальванометра фиксирует максимальные или близкие к ним значения силы тока согласно уравнения (1) и только после достижения предельного обеднения приэлектродного слоя восстанавливающимся веществом максимальный ток спадает по уравнению (6). Полярограмма в силу этого имеет характерный максимум-пик, своим видом напоминающий обычный полярографический максимум, наблюдаемый на полярограммах с ртутным капельным электродом. Изложенный здесь нами взгляд на природу максимумов, возникающих при автоматическом записывании полярограмм на твердых электродах, позволяют указать меры для его устранения. В отличие от известных в полярографии мер — добавления поверхностно активных и коллоидных веществ к раствору — мы рекомендуем поддерживать по возможности максимальный поток диффундирующего вещества к электроду. Практически

этого можно достичь, применив вращающийся электрод [*6*]. Прямолинейно движущийся твердый электрод [*7*]. Твердый электрод с электрохимической деполяризацией [*8*]. Макающийся электрод [*9*], т. е. электроды, фиксирующие максимальный ток. На рис. 4 представлена полярограмма того же самого $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ молярного раствора $Pb(NO_3)_2$ → на фоне 0,1 молярного раствора KCl (рис. 1) на быстро вращающемся каплеобразном серебряном амальгамированном электроде. Волна имеет нормальную форму. Максимум исчез. Исчезновение максимума объясняется, согласно нашим представлениям, тем, что непрерывное обновление раствора возле электрода, достигаемое движением электрода, не позволяет концентрационным изменениям распространиться значительно от электрода вглубь раствора.

Процессы диффузии протекают в очень тонком приэлектродном слое, в котором существует высокий концентрационный градиент. Высокому концентрационному градиенту согласно уравнения (2) соответствует некоторое значение максимального тока, фиксируемого электродом. Создание условий, при которых диффузионный процесс, формирующий на электроде предельный ток, может проявить себя наиболее полно, оказывается достаточным для исчезновения максимума на полярограммах, автоматически записанных на твердых электродах (рис. 4).

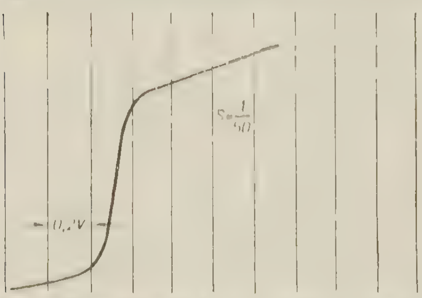


Рис. 4. Полярограмма $0{,}5 \cdot 10^{-3}$ м раствора $Pb(NO_3)_2$ на фоне 0,1 м KCl, автоматически записанная на быстро вращающемся каплеобразном серебряном амальгамированном электроде.

Для стационарного твердого электрода аналогичные условия могут быть достигнуты путем нагревания растворов. Повышение температуры и связанное с ним увеличение коэффициента диффузии вещества и уменьшение толщины эффективного диффузного слоя должно сказаться на величинах как максимального, так и установившегося диффузионного тока. Для выяснения соотношения, которое существует в зависимости от температуры между этими двумя токами, нами был проделан опыт, аналогичный описанному на рис. 2. Броски тока были сняты при 30°, 50° и 70° и установлены соотношения между максимальным диффузионным током и установившимся диффузионным током. Результаты получились следующие (табл. 1).

Таблица 1

Температура (в градусах)	Отношение $\frac{I \text{ установ}}{I \text{ максим}}$	Температура (в градусах)	Отношение $\frac{I \text{ установ}}{I \text{ максим.}}$
18	0,19	50	0,38
30	0,27	70	0,50

Из таблицы 1 следует, что с увеличением температуры установившийся диффузионный ток растет быстрее максимального. Приведенные здесь результаты получены с помощью методики, описанной в предыдущей работе [5]. Согласно этой методики после каждого опыта электроды полностью

деполяризовались замыканием накоротко. При автоматической записи кривой сила тока — напряжение твердый стационарный электрод будет поляризован. На поляризованном электроде отношение $\frac{i\ \text{установ.}}{i\ \text{максим.}}$ с увеличением температуры может, по-видимому, достигнуть значения, равного единице. В результате мы наблюдаем исчезновение на полярограмме максимума в подогретых растворах.

Ниже на рис. 5, как пример, приведена полярограмма, автоматически записанная на полярографе на твердом стационарном электроде в подогретом растворе хлористого кобальта. Волна кобальта на этой полярограмме имеет нормальную форму и по своему виду напоминает лучшие образцы волн, получаемых на ртутном капельном электроде. Воспроизводимость опытов также очень хорошая. Серебряный каплеобразный катод изготовляется следующим образом: в стеклянную трубку впаивалась тонкая платиновая проволочка; наружный конец проволочки надрезывался так, чтобы остающаяся часть была не более, чем 0,5 *мм* длиной. В нагретом состоянии на платиновую проволочку напаивается капля серебра так, чтобы она покрывала сплошь платиновый кончик. Изготовленный, таким образом, электрод может служить очень долгое время. Перед употреблением он амальгамируется погружением в чистую ртуть. Диаметр употреблявшегося в наших опытах сферического серебряного катода равнялся 1,75 *мм*. Анодом служил слой ртути на дне сосуда. Кислород из растворов удалялся продуванием их током водорода. Для нагревания растворов был применен ультратермостат, позволяющий регулировать температуру до $\pm 0{,}01°$.

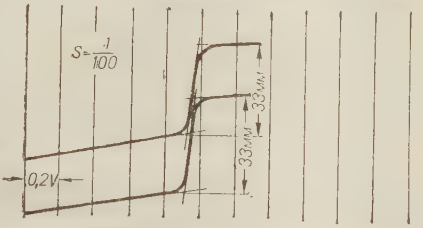


Рис. 5. Полярограмма $1{,}6 \cdot 10^{-4}$ м раствора $CoCl_2$ на фоне 0,1 м KCl при 50° C, снятая на твердом сферическом серебряном амальгамированном катоде.

Расположение приборов и сосуд для электролиза представлены на рис. 6. Если вынуть пробку *A* вместе с закрепленным в ней сосудом *E*, то сосуд *C* опорожняется. Вода, которая его наполняет, вытекает в термостат потому, что сосуд *C* закреплен в более высоком положении, чем находится уровень воды в термостате. Закрыв вновь пробкой *A* пустой сосуд *C*, наливаем в сосуд *E* на дно ртуть, затем исследуемый раствор. Продуваем раствор током водорода в течение 5—8 минут; вставляем пробку *B* с закрепленными в ней электродами и включаем мотор *M* ультратермостата. Ток горячей воды, нагретой до желаемой температуры (постоянство температуры в термостате достигается с помощью электрического нагревателя, реле и контактного термометра), сильной струей поступает через нижний отвод в сосуд *C* и, омыв сосуд *E*, поступает обратно в термостат. Таким образом, в сосуде *C* происходит быстрая смена горячего потока воды, поддерживающего в сосуде *E* постоянную температуру. Следует обращать внимание на то, чтобы уровень исследуемого раствора в сосуде *E* был ниже уровня в сосуде *C*. Этим достигается нормальный и равномерный обогрев исследуемой в сосуде *E* жидкости и предотвращается возникновение конвекционных течений в сосуде *E*. Наличие конвекционных токов жидкости, помещенной в сосуд *E*, приводит к искаженным полярограммам с плохо выраженными диффузионными токами. Автоматическая запись полярограмм производилась так, как это описано в нашей работе [1]. При 50° на фоне 0,1 молярного раствора KCl были исследованы нами помимо

растворов хлористого кобальта $5 \cdot 10^{-3}$ молярный раствор хлористого никеля, $1,6 \cdot 10^{-3}$ молярный раствор сульфата таллия, $8 \cdot 10^{-4}$ молярный раствор сульфата марганца, $1,29 \cdot 10^{-4}$ молярный раствор хлористого индия и $2,4 \cdot 10^{-3}$ молярный раствор сульфата двухвалентной меди. На фоне 0,2 молярного раствора NaOH при той же температуре был исследован также $1,2 \cdot 10^{-3}$ молярный раствор сульфата цинка и $4 \cdot 10^{-4}$ молярный раствор азотнокислого свинца на фоне 0,1 м KNO_3. Во всех этих случаях полярограммы имели нормальную форму и наблюдаемые при обычной температуре максимумы отсутствовали. Таким образом, подогревание растворов до 50° является вполне эффективным приемом для устранения максимумов, возникающих на полярограммах, автоматически записанных полярографом на твердых стационарных электродах.

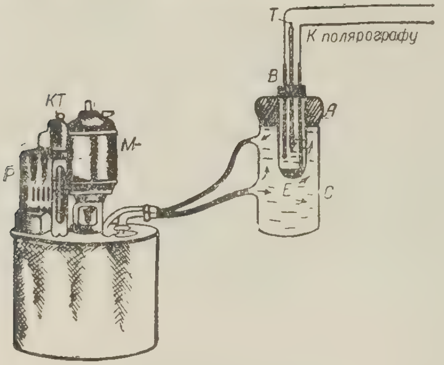


Рис. 6. Расположение приборов: *С* — сосуд внешний; *Е* — сосуд для исследуемого раствора, *А* — пробка, *В* — пробирка с термометром и электролампами, *Т* — термометр, *М* — мотор, *КТ* — контактный термометр, *Р* — реле.

2. АНАЛИЗ ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКИХ ВОЛН, ПОЛУЧЕННЫХ НА ТВЕРДОМ СТАЦИОНАРНОМ ЭЛЕКТРОДЕ В ПОДОГРЕТЫХ РАСТВОРАХ

Для случаев достаточно быстро протекающих и обратимых восстановлений ионов металлов на ртутном капельном электроде Гейровский и Илькович [10] вывели уравнение

$$E_{dc} = E_{1/2} - \frac{0,0591}{n} \log \frac{i}{id - i} \qquad (7),$$

называемое уравнением полярографической волны. В этом уравнении E_{dc} — внешнее приложенное напряжение, равное потенциалу катода (предполагается, что омическое сопротивление раствора, благодаря введенному фону, весьма мало́); $E_{1/2}$ — потенциал полуволны; i — ток, соответствующий точкам волны; id — диффузионный ток; n — заряд иона. Если нанести значения E_{de}— против логарифма $\frac{i}{id - i}$, то, как это следует из уравнения (1), получится прямая линия, наклон которой равняется $\frac{0,0591}{n}$ при 25°, а потенциал, где эта прямая пересекает нулевое значение $\log \frac{i}{id - i}$, является потенциалом полуволны. Таким образом, из экспериментально найденной волны мы можем установить ряд значений E_{de}, i, а также значение id, определить потенциал полуволны и угол наклона прямой. По углу наклона можно судить о том, происходит ли процесс восстановления иона металла строго обратимо или на электроде имеют место, помимо концентрационной поляризации, другие виды поляризации, которые приводят к необратимости процесса. Такого рода анализ полярографических волн может быть произведен только в том случае, когда экспериментальная волна имеет нормальную форму. На ртутном капельном электроде волны, как уже указывалось, обычно получаются с максимумами, для устранения которых добавляют

к раствору желатины или поверхностно активных веществ. Введение в раствор добавок такого рода часто приводит к возникновению химической поляризации [11] и к необратимости электродного процесса. Обратимое течение электродного процесса является необходимым условием применения полярографического метода для исследования комплексов в растворах; вычисления зарядов комплексных ионов, координационных чисел, установления формул и констант их устойчивости. С этой точки зрения нам казалось интересным произвести анализ волн, полученных нами на твердых стационарных амальгамированных электродах в подогретых растворах и выяснить, насколько хорошо в этом случае оправдывается уравнение (7) и каковы перспективы применения твердых электродов для исследования молекулярного состояния растворов. В предыдущем параграфе настоящей работы было показано, что в подогретых растворах на твердом стационарном электроде для большинства восстанавливающихся металлических ионов получаются хорошо выраженные, воспроизводимые волны нормальной формы, без максимумов. Такие волны могут быть с успехом проанализированы вышеуказанным способом.

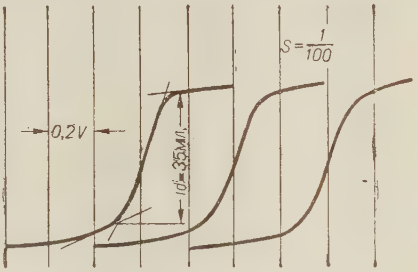


Рис. 7. Трижды повторенная полярограмма раствора Tl_2SO_4 на фоне 0,1 м KCl при 50° C.

На рис. 7 приводится трижды повторенная полярограмма $1{,}6 \cdot 10^{-3}$ молярного раствора Tl_2SO_4 на фоне 0,1 молярного раствора KCl при 50°, полученная на каплеобразном серебряном сферическом амальгамированном электроде. Так как все три волны практически повторяют друг друга, мы для расчета взяли первую волну и из нее тщательно определили ряд значений токов, соответствующих разным значениям приложенного потенциала. Из этих данных легко найти логарифм отношения $\frac{i}{id - i}$. Эти данные представлены таблицей 2.

Таблица 2

Приложенное напряжение (в вольтах)	Сила тока (в делениях гальванометра)	$\frac{i}{i_d - i}$
0,52	5	— 0,78
0,55	11	— 0,34
0,59	22	— 0,23
0,62	30	+ 0,78
0,67	34	+ 1,53

На рис. 8 представлена зависимость величины $\log \frac{i}{id - i}$ от величины E_{de} (приложенного напряжения). Точки логарифма хорошо укладываются на одну прямую линию, как этого и следовало ожидать в случае применимости уравнения (7). Обратная величина наклона этой прямой, равная $\frac{0{,}08}{1{,}24} = 0{,}0645$, очень хорошо согласуется с теоретической величиной 0,0646, соответствующей температуре 50° для $n = 1$.

Оказывается, что восстановление ионов таллия на твердом амальгамированном электроде при температуре 50° протекает обратимо и что

уравнение (7) полярографической волны, выведенное для ртутного капельного электрода Гейровским и Ильковичем [10], является справедливым и пригодным для серебряного амальгамированного твердого электрода. Оба электрода весьма близки друг к другу по своим свойствам. Это подтверждается также тем фактом, что на ртутном капельном электроде восстановление ионов таллия протекает обратимо [12].

Для обратной величины наклона прямой на ртутном капельном электроде было найдено значение 0,061 вольта, хорошо согласующееся с теоретической величиной 0,059 вольта для $n = 1$. Твердый амальгамированный стационарный электрод может быть поэтому с успехом применен для исследования растворов солей таллия при повышенных температурах. Рис. 8 позволяет также легко определить величину потенциала полуволны, как точку, в которой прямая линия пересекает нулевое значение $\frac{i}{id - i}$. Для исследуемого нами 1,6 · 10^{-3} молярного раствора Tl_2SO_4 на фоне 0,1 молярного раствора KCl потенциал полуволны оказывается равным 0,574 вольта относительно дна. Постоянство потенциала полуволны и его независимость от концентрации на твердых амальгамированных электродах было нами показано в одной из предыдущих работ [1]. Кроме растворов таллия, нами были проанализированы изложенным на примере таллия способом также волны, полученные в растворах солей марганца, кадмия, кобальта, никеля, меди. Полученные данные собраны в таблицу 3.

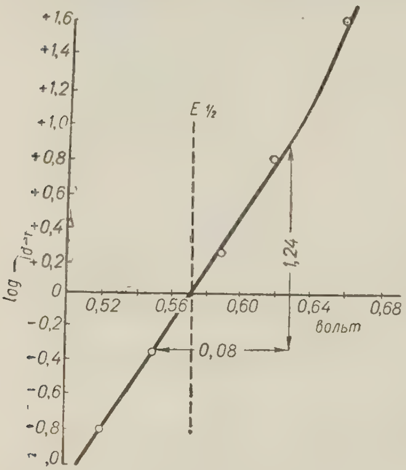


Рис. 8. Зависимость между E прилож. и $\log \frac{i}{id - i}$

Таблица 3

Вещество	Температура (в градусах)	Концентрация (в м/л)	Фон	Концентрация фона (в м/л)	Теоретический наклон прямой при 50°	Экспериментально найденный наклон при 50°	Величина потенциала полуволны в вольтах относительно ртутного дна
Tl_2SO_4	50	$1,6 \cdot 10^{-3}$	KCl	0,1	0,0646	0,0645	0,574
$MnSO_4$	50	$8,0 \cdot 10^{-4}$	»	0,1	0,0323	0,0320	1,513
$CdSO_4$	50	$1,6 \cdot 10^{-3}$	»	0,1	0,0323	0,0303	0,670
$CoCl_2$	50	$1,6 \cdot 10^{-3}$	»	0,1	0,0323	0,0310	0,944
$CuSO_4$	50	$2,4 \cdot 10^{-3}$	»	0,1	0,0323	0,0360	0,280
$NiCl_2$	50	$5,0 \cdot 10^{-3}$	»	0,1	0,0323	0,0340	0,990

Приведенные в таблице данные показывают, что не только таллий, но и ряд других исследованных нами ионов восстанавливаются обратимо на твердом амальгамированном электроде в растворах, нагретых до 50°.

Величины потенциалов полуволн выражены в вольтах относительно дна. Их легко можно привести к общепринятому стандартному каломельному электроду, если допустить, что потенциал дна в основном определяется 0,1 молярным раствором KCl, присутствующим как фон. Не претендуя на

большую точность, эти величины, как ориентировочные, представляют известную ценность. Данные таблицы 3 интересны еще в том отношении, что ряд ионов, например, Co^{++} и Ni^{++}, восстанавливаются необратимо на ртутном капельном электроде.

3. АНАЛИЗ ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКИХ ВОЛН, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ОБЫКНОВЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ ТВЕРДОМ ЭЛЕКТРОДЕ

В случае вращающегося твердого электрода можно, пользуясь автоматической записью, получить полярограммы с волнами нормального вида, не прибегая к подогреванию растворов (см., например, рис. 4). Для получения хорошо воспроизводимых волн на вращающемся электроде требуется, чтобы электрод вращался с постоянной скоростью. Поэтому в приводимых

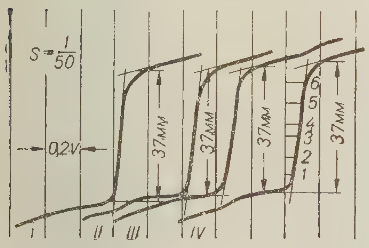


Рис. 9. Полярограммы 0,5 · 10^{-3} молярного раствора $CdSO_4$ на фоне 1н KCl, автоматически записанные на твердом вращающемся электроде, I, II, III и IV кривые записаны последовательно. Катод серебряный амальгамированный. Диаметр капли = 1,75 *мм*. Анод слой ртути на дне. Число оборотов = 60 в минуту.

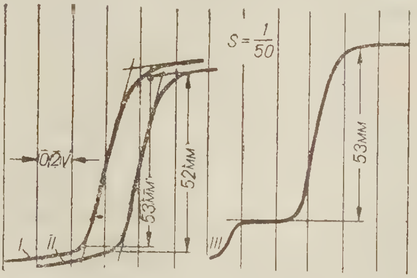


Рис. 10. Полярограммы, снятые на вращающемся электроде: I — раствор Tl_2SO_4, 8 · 10^{-4} м на фоне 0,1 н K_2SO_4. II — повторная съемка, III — раствор $CuSO_4$ 4 · 10^{-4} м и Tl_2SO_4 8,16^{-4} м на фоне 0,1 н K_2SO_4.

ниже опытах мы описанный ранее серебряный сферический амальгамированный электрод с диаметром серебряной капли = 0,75 *мм* крепили специальной муфточкой с осью мотора Уоррена, который синхронно вращался со скоростью 60 об/мин. Для многих случаев восстановления металлических ионов вращение каплеобразного электрода со скоростью 60 об/мин оказалось достаточным для получения волн нормального вида — без максимумов. Повторные съемки полярограмм в том же растворе указывают на воспроизводимость опытов, не уступающую воспроизводимости, наблюдаемой при работе с ртутным капельным электродом. На вращающемся электроде нами были засняты волны восстановления ионов Cd^{++}; Zn^{++}; Tl^{+}; Mn^{++}; Cu^{++} и Pb^{++}. Для примера на рис. 9 приведены волны Cd^{++} и на рис. 10 волны Pb^{++} и волна совместного последовательного разряда Cu^{++} и Tl^{+}. Волна четвертая на рис. 9 была нами использована для расчета значений i в зависимости от E_{de} и вычисления из них значений $\log \frac{i}{Id - i}$.

Данные полученные при определении значений i для разных значений E_{de} из волны IV рис. 9, представлены таблицей 4.

Если нанести логарифмы отношения $\frac{i}{id - i}$ на оси ординат, а соответствующие им значения E_{de} — приложенного напряжения, на оси абсцисс, то точки довольно хорошо укладываются в прямую линию. Однако обратная

Таблица 4

E_{de} (в вольтах относительно дна)	i (в делениях шкалы гальванометра)	$i/id - i$	$\log \frac{i}{id-i}$
0.66	5	5/32	— 0,81
0.67	10	10/27	— 0,43
0,68	16	16/21	— 0,12
0,69	19,5	19,5/17,5	+ 0,05
0,71	25,5	25,5/11,5	+ 0,35
0,73	32	32/5	+ 0,81

величина наклона этой прямой (см. рис. 11) составляет $\frac{0,03}{0,70} = 0,0428$ вместо 0,0295 при $n = 2$ и температуре в 25°. Значительное расхождение

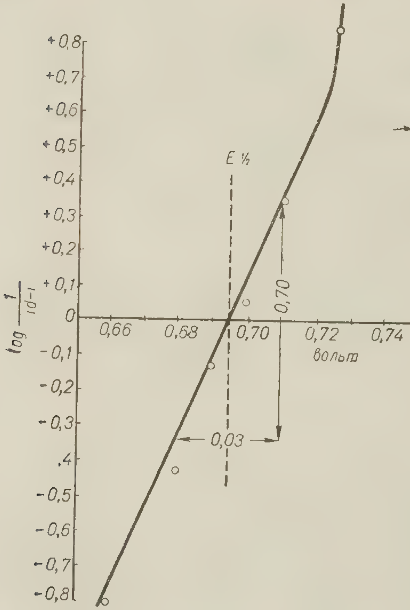


Рис. 11. Зависимость между E прилож. и $\log \frac{i}{id - i}$

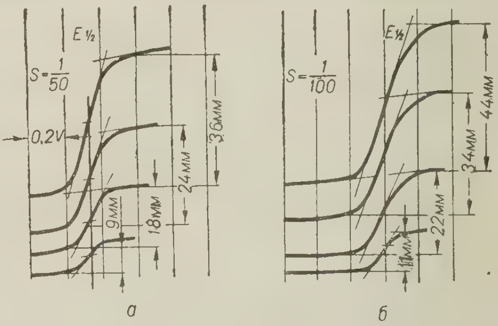


Рис. 12. *а*. Полярограмма растворов $CuSO_4$ на фоне 0,1 м K_2SO_4 : I—$4 \cdot 10^{-4}$ м, II — $8 \cdot 10^{-4}$ м, III — $1,2 \cdot 10^{-3}$ м, IV — $1,6 \cdot 10^{-3}$ м.
в. Полярограммы растворов Tl_2SO_4 на фоне 0,1 м K_2SO_4: I—$4 \cdot 10^{-4}$ м, II—$8 \cdot 10^{-4}$ м, III—$12 \cdot 10^{-3}$ м, IV—$1,6 \cdot 10^{-3}$м.

между найденной величиной и теоретической величиной наклона указывает, что на вращающемся электроде в сернокислых растворах ионы кадмия восстанавливаются необратимо. Кроме восстановления ионов кадмия, мы изучали на вращающемся электроде при обычных температурах также восстановление ионов Tl^{+}; Mn^{++}; Zn^{++}, Cu^{++} и Pb^{++}и определили наклоны прямых, выражающих зависимость $\log\frac{i}{id - i}$от E_{de}. Полученные данные представлены таблицей 5. Рассмотрение таблицы 5 показывает, что во всех случаях экспериментально найденная величина наклона превышает теоретическую величину. Таким образом, на вращающемся твердом электроде при обычных температурах восстановление металлических ионов, как правило, протекает необратимо.

Необратимое восстановление ионов, наблюдаемое на вращающемся электроде, затрудняет использование его для исследования комплексов. Для обычных аналитических целей он оказывается вполне пригодным,

так как на нем сохраняется постоянное и независимое от концентрации значение $E_{1/2}$ и, кроме того, прямая пропорциональность между концентрацией и высотой волны (см. рис. 12).

Таблица 5

Вещество	Температура (в градусах)	Концентрация (в *м/л*)	Фон	Концентрация (в *мл*)	Теоретический наклон при 50°	Экспериментально найденный наклон при 50°	Величина потенциала полуволны в вольтах относительно ртутного дна
$CdSO_4$	25	$5\cdot10^{-4}$	KCl	1	0,0295	0,0428	0,695
Tl_2SO_4	25	$1\cdot10^{-3}$	K_2SO_4	0,5	0,0591	0,0851	0,680
$Pb(NO_3)_2$	25	$4\cdot10^{-4}$	$Ba(NO_3)_2$	0,5	0,0295	0,0396	0,656
$CuSO_4$	25	$8\cdot10^{-4}$	K_2SO_4	0,1	0,0295	0,0560	0,126
$MnSO_4$	25	$6\cdot10^{-4}$	K_2SO_4	0,1	0,0295	0,0374	1,650
$ZnSO_4$	25	$8\cdot10^{-4}$	K_2SO_4	0,1	0,0295	0,0760	1,184

ВЫВОДЫ

1. Максимумы, возникающие на полярограммах, автоматически записанных на твердых электродах, по своей природе отличаются от максимумов, наблюдаемых на ртутном капельном электроде.

2. Показано, что максимумы на твердых электродах исчезают, если электроду сообщить достаточную скорость вращения или же если раствор подогреть не менее чем на 50°.

3. Максимумы на твердых электродах можно объяснить особенностями диффузии вещества к твердому электроду.

4. Анализ полярографических волн, полученных на стационарном электроде в подогретых растворах, показывает, что большинство ионов восстанавливаются в этих условиях обратимо.

5. Проведен анализ волн, полученных на вращающемся электроде и показано, что в этом случае большинство ионов восстанавливается на твердом серебрянном амальгамированном электроде необратимо.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скобец Е. М., Беренблюм Л. С. и Атаманенко Н. Н., «Заводская лаборатория», № 2, 1948, стр. 131.
2. Фрумкин А. Н. и Брунс Б., Акта физика химика СССР, 1932, 282. Крюкова Т. А., «Заводская лаборатория», XIV, N 5, 6, 7, 1948.
3. Cottrell F. G., z. f. phys. Chem. 42, 1902, 385. Gillavry D. Mc. and Rideal E. K., Rec. trav. Chem. 56, 1937, 1013. Кольтгоф И. М. и Лингейм Дж. Дж., «Полярография», Госхимиздат, 1948, стр. 31.
4. Zaitinen H. A. and Kolthoff I. M., I. Am, Chem. Soc. 61, 1939, 3344.
5. Скобец Е. М. Туров П. П. и Рябоконь В. Д., «Заводская лаборатория», № 7, 1948, стр. 771.
6. Скобец Е. М., и Кочерова С. А., «Заводская лаборатория», № 2, 1947, стр. 133.
7. Скобец Е. М., Панченко И. Д. и Рябоконь В. Д., «Заводская лаборатория», N 11, 1948, стр. 1307.
8. Скобец Е. М. и Туров П. П., «Заводская лаборатория», № 4, 1949.
9. Ляликов Ю. С и Кармазин В. И., «Заводская лаборатория», N 2, 1948, стр. 138. Ляликов Ю. С., и Глазер Р. И., Заводская лаборатория, № 8, 1949, стр. 909.
10. Heyrovsky I. and Ilkovic Coll Czechoslov. Chem Comm 7, 1935, 198.
11. Лошкарев М. и Крюкова А., ЖФХ, т. XXIII, N 2, 1949, стр. 202—231.
12. Кольтгоф И. М. и Лингейм Дж. Дж., «Полярография», Госхимиздат, 1948, стр. 151.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

Е. М. СКОБЕЦ,
Н. И. БЕЛИНСКАЯ

ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРГАНЦА АНОДНЫМ ОКИСЛЕНИЕМ НА ПЛАТИНОВОМ ЭЛЕКТРОДЕ

Большое техническое значение марганца общеизвестно. 90% добываемого Mn потребляется в металлургической промышленности для изготовления различных сплавов. Марганец (в виде ферромарганца) — составная часть шихты при выплавке чугуна в домнах и при переработке чугуна в сталь по способу Бессемера.

Заводские лаборатории определяют Mn не только в конечном продукте производства, но и в течение металлургического процесса. Они пользуются объемным и колориметрическим методами анализа. При современной интенсификации металлургических процессов аналитикам все труднее справляться со своими задачами с помощью указанных методов, кропотливых, требующих длительного времени для их выполнения.

Еще затруднительнее определять малые количества Mn (порядка тысячных и десятитысячных долей процента), содержащиеся в организмах растений и животных.

Полярографический метод — метод определения малых количеств вещества — очень быстрый. Однако полярографическое определение Mn восстановлением его ионов на ртутном капельном электроде в различных средах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] не получило широкого применения, так как снятию полярограмм Mn^{++} в этих условиях мешают многие элементы.

Известна анодная волна виннокислого Mn в щелочных растворах на ртутном капельном электроде [8]. Но комплекс виннокислого Mn в щелочных средах легко окисляется кислородом воздуха и потому трудно использовать эту волну для аналитических целей.

Указанные недостатки в количественном определении Mn побудили нас к поискам новых полярографических волн.

Нами впервые обнаружены волны окисления ионов двухвалентного Mn на твердом электроде в кислых, нейтральных и щелочных средах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Анодом служила платиновая игла длиной 5 *мм*, сечением 0,52 *мм* или игла длиной 20 *мм*, сечением 0,3 *мм*. Катод — насыщенный каломелевый электрод. Его соединяли с испытуемым раствором в электролитической ячейке при помощи низкоомного агарагарового ключа. Работа производилась на автоматическом полярографе. Гальванометр применялся зеркальный Ленинградского института физического приборостроения со

следующими характеристиками: чувствительность $1{,}6 \cdot 10^{-9}$ *ам*; внутреннее сопротивление — 333 *ом*; критическое сопротивление — 967 *ом*;

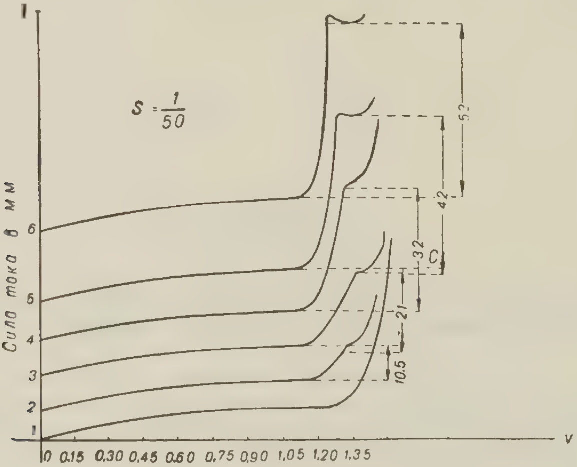


Рис. 1. Волны Mn^{++} на фоне 0,1 раствора HNO_3.
1 — фон 0,1 м. раствор HNO_3;
2,3,4,5,6 — концентрация марганца соответственно $1{,}8 \cdot 10^{-4}$, $3{,}6 \cdot 10^{-4}$, $5{,}4 \cdot 10^{-4}$, $7{,}2 \cdot 10^{-4}$, $9{,}0 \cdot 10^{-4}$ *мл*.

период колебания гальванометра — 6,1 сек. На рис. 1 представлены волны марганца, полученные на фоне 0,1 м раствора HNO_3.

Сульфат марганца хорошо окисляется на аноде и дает четкие полярографические волны *S*-образной формы, имеющие точки перегиба, с ясно выраженной областью диффузионного тока, напоминающей обычные полярографические волны без максимумов, которые можно наблюдать на ртутном капельном электроде.

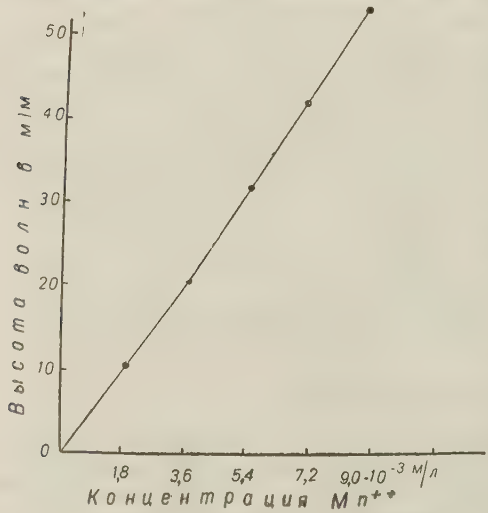


Рис. 2. Концентрация Mn^{++}.

При нанесении на график высоты волн Mn^{++} в зависимости от концентрации его ионов оказалось, что экспериментальные точки хорошо укладываются в одну прямую линию с началом в центре координат (рис. 2). Это свидетельствует о четко выраженной прямой пропорциональной зависимости между высотой волн Mn^{++} и его концентрацией, что очень важно в аналитическом отношении.

Сравнив величину диффузионных токов окисления Mn^{++} и Fe^{++} на фоне 0,1 м HNO_3 (рис. 3), мы пришли к заключению, что Mn^{++}, как и Fe^{++}, теряет

в электродном процессе в кислой среде 1 электрон, поскольку сила тока в миллиметрах для Mn^{++} и Fe^{++} одинаковой концентрации — близка.

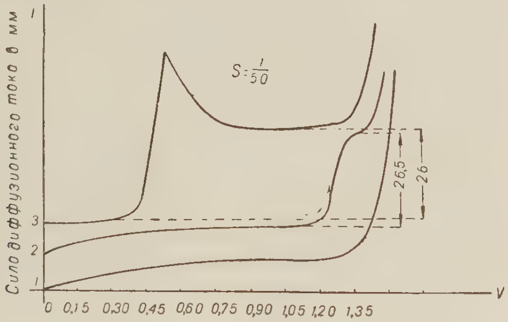


Рис. 3. Сравнение диффузионных токов Mn^{++} и Fe^{++} при окислении их на аноде на фоне 0,1 м HNO_3. Концентрация Mn^{++}, Fe^{++} = 4,5 · 10^{-4} *мл*
1 — фон — 0,1 м HNO_3; 2 — волна окисления Mn^{++}; 3 — волна окисления Fe^{++}.

В нейтральной среде Mn^{++} по нашему предположению, основанному на сравнении величины катодного тока Tl^{+} и анодных токов Mn^{++} и Pb^{++} на фоне 1м $NaNO_3$ (рис. 4), также окисляется до Mn^{3+}.

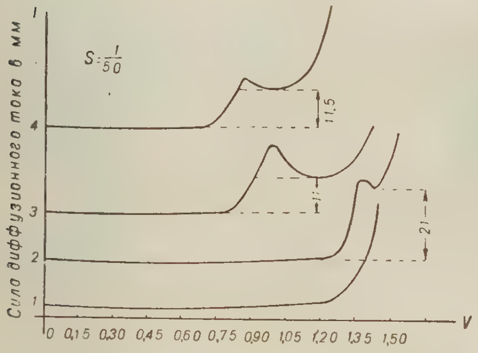


Рис. 4. Сравнение диффузионных токов анодного окисления Mn^{++} и Pb^{++} и катодного восстановления Tl^{+}. *1* — фон — 1м раствор $NaNO_3$,; *2* — волна Pb^{++} на аноде; *3* — волна Mn^{++} на аноде; *4* — волна Tl^{+} на катоде. Концентрация $Pb(NO_3)_2$ = 9,0 · 10^{-4} *мл*. Концентрация $MnSO_4$ = 9,0 · 10^{-4} *мл*. Концентрация Tl_2SO_4 — 4,5 · 10^{-4}*мл*.

Анодное окисление марганца в кислой среде мы использовали для количественного определения его в стали. Методика определения следующая: навеску 0,3 *г* растворяли в серной кислоте (1 : 2), раствор подкисляли концентрированной азотной кислотой (для растворения карбидов) и кипятили 1—2 минуты для удаления окислов азота. Объем растворов доводили водой до 100 *мл*. 1—2 *мл* полученного раствора пипеткой переносили в ячейку и полярографировали на фоне 0,1 м раствора HNO_3. Общий объем раствора для полярографирования составлял 25 *мл*. Затем в этот же раствор добавляли несколько капель стандартного раствора $MnSO_4$ и опять полярографировали. Полярограммы окисления Mn^{++} из раствора стали показаны на рис. 5.

Расчет количества марганца, содержащегося в растворе, производили по формуле: $a = \frac{hb}{\Delta h}$, где: a — количество граммов Mn, содержащегося в анализируемом растворе; h — высота волны Mn^{++} (в *мм*) в данном растворе; b — количество граммов Mn^{++}, добавленного в исследуе-

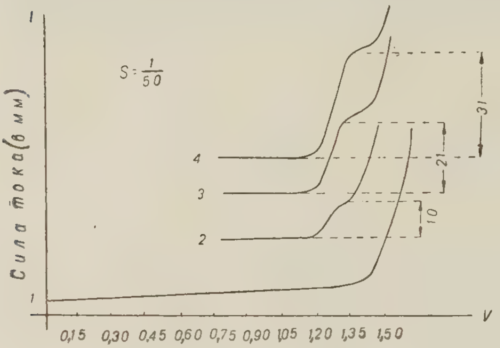


Рис. 5. Полярограммы раствора стали: *1*—фон —0,1 м раствор HNO_3; *2* — 24 *мл* 0,1 м раствора HNO_3 + + 1 *мл* раствора стали; *3* — 23 *мл* 0,1 м раствора HNO_3 + 2 *мл* раствора стали; *4* — тот же раствор с добавкой 2,2 · 10^{-4} *г* Mn^{++}.

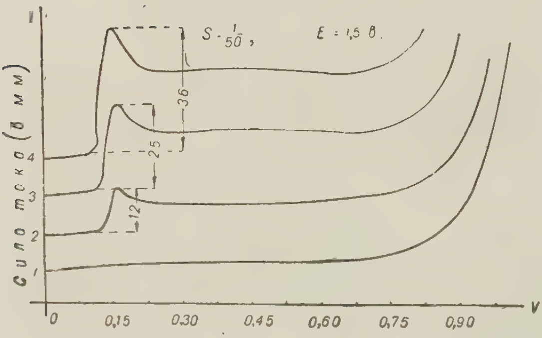


Рис. 6. Полярограммы Mn^{++} в аммиачно-щелочной среде: *1* —фон: 23 *мл* 1 н раствора NH_4Cl + 2 *мл* 2 н NH_4OH; *2* — фон + 1,8·10^{-4} *мл* $MnSO_4$ *3* — фон + 3,6·10^{-4} *мл* $MnSO_4$; *4* — фон + 5,4·10^{-4} *мл* $MnSO_4$.

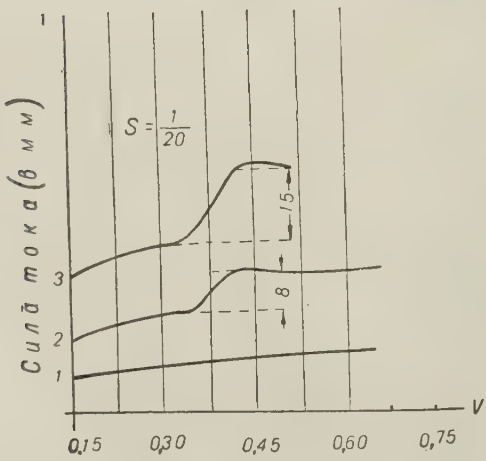


Рис. 7. Полярограммы Mn^{++} в растворе золы суданки: *1* — фон — 1 н NH_4Cl, содержащий 0,2 н NH_4OH; *2* — на этом фоне волна Mn^{++} из золы суданки; *3* — этот же раствор с добавкой 2,2·10^{-4} *г* Mn^{++}.

мый раствор, Δh—прирост волны Mn^{++} (в *мм*) после добавки известного количества граммов Mn^{++}.

Результаты опытов сведены в таблицу 1.

Нами исследовано окисление Mn^{++} в щелочной среде (рис. 6). При снятии полярограмм Mn^{++} на фоне смеси, содержащей NH_4Cl и NH_4OH (pH—8—9), обнаружили отложение на Pt аноде бурого осадка. Мы предполагаем, что в щелочной среде Mn^{++} окисляется до MnO_2.

Таблица 1

№ опыта	Высота волн Mn^{++} (в *мм*) в 25 *мл* раствора $3{,}0 \cdot 10^{-3}$ *г* стали	Высота волн Mn^{++} (в *мм*) с добавкой $2{,}2 \cdot 10^{-4}$ Mn^{++} *г*	Количество *г* Mn в $3{,}0 \cdot 10^{-3}$ *г* стали	Процент Mn в стали по данным полярографического анализа	Процент Mn по данным объемного анализа завода КМЗ
1	21	31	$4{,}62 \cdot 10^{-4}$	15,4	15
2	20	30	$4{,}4 \cdot 10^{-4}$	14,7	15
3	21	32	$4{,}2 \cdot 10^{-4}$	14,0	15
4	20	30	$4{,}4 \cdot 10^{-4}$	14,7	15
	в растворе 4 $4{,}5 \cdot 10^{-3}$ *г* стали				
5	31	41	$6{,}8 \cdot 10^{-4}$	15,1	15
6	30	40	$6{,}6 \cdot 10^{-4}$	14,7	15

При окислении Mn^{++} в щелочной среде также соблюдается прямая пропорциональная зависимость между высотой волны и концентрацией ионов марганца в растворе. $E_{1/2}$ и потенциал выделения Mn^{++} смещаются в менее положительную сторону, что указывает на зависимость $E_{1/2}$ от pH растворов.

Анодные волны марганца в щелочной среде мы применили для количественного определения его в суданской траве (рис. 7).

Методика определения. 10 *г* абсолютно сухого вещества сжигали в муфеле при 600—800°. Золу обрабатывали 1—2 *мл* концентрированной HCl, выпаривали досуха; сухой остаток обрабатывали 1 — 2 *мл* HNO_3 (1 : 1), выпаривали досуха. Выпаривание с азотной кислотой повторяли два—три раза. Сухой остаток обрабатывали раствором, содержащим однонормальный NH_4Cl и 0,20 нормальный NH_4OH, фильтровали, объем доводили до 25 *мл* и полярографировали.

Результаты опытов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика травы	№ опыта	Высота волн Mn^{++} (в *мм*) в растворе из 10 *г* травы	Высота волн Mn^{++} (в *мм*) с добавкой $2{,}2 \cdot 10^{-4}$ *г* Mn^{++}	Mn (в %)
Первый участок, II повторение, дерново-слабоподзолистая почва	1	10	34	$9{,}2 \cdot 10^{-4}$
	2	10	34	$9{,}2 \cdot 10^{-4}$
	3	9	34	$8{,}0 \cdot 10^{-4}$
I вариант, I повторение	1	8	15	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$
	2	8	15	$2{,}5 \cdot 10^{-3}$
Суданка на торфяной почве	1	10	28	$1{,}2 \cdot 10^{-3}$
	2	9	28	$1{,}03 \cdot 10^{-3}$
Теремки, контроль, II повторение	1	9	40	$6{,}4 \cdot 10^{-4}$
	2	9	40	$6{,}4 \cdot 10^{-4}$

ВЫВОДЫ

1. Нами впервые обнаружена волна окисления Mn^{++} на платиновом аноде.

2. Mn^{++} на Pt аноде окисляется в кислой, нейтральной и щелочной средах.

3. В кислой и нейтральной средах Mn^{++} окисляется до M^{3+}, в щелочной, по-видимому,— до MnO_2.

4. Анодное окисление Mn^{++} может быть использовано для разработки количественного определения марганца в различных сплавах марганца, в растениях, почвах.

5. Нами впервые обнаружены волны окисления Pb^{++} на твердом Pt аноде.

ЛИТЕРАТУРА

1. E- T. Verdier, Coll. Czechoslov. Chem. Comm, 11,216 (1929).
2. E. Hamamoto, Coll. Czechoslov. Chem. Comm, 6,325 (1934).
3. I. Prayzler, Coll. Czechoslov. Chem. Comm, 3,406 (1931).
4. I. Bresina, Rec. trav. Chim. 44,520 (1925).
5. M. *V*orisnova, Coll. Czechoslov. Chem. Comm, 11,588 (1939).
6. E. T. Verdier, Coll. Czechoslov. Chem. Comm, 11,238 (1939).
7. I. M. Kolthoff and I. G. Watters Gud. Eud. Chem. Anal. Ed., 15,8 (1943).
8. E. T. Verdier, Colle. Czechoslov. Chem. Comm, 11,233 (1939).

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

И. П. МОГИЛЬНЫЙ,
кандидат технических наук, доцент

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И ТРЕНИЕ МЕТАЛЛОВ КОРПУСА ПЛУГА О ПОЧВУ

С целью выявления влияния различной влажности почвы на пару трения металл — почва были проведены специальные лабораторные исследования на образцах с последующей проверкой тягового сопротивления плугов в хозяйственных условиях будущего орошаемого земледелия района Каховки.

1. НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О МЕТОДИКЕ РАБОТЫ

Лабораторные испытания проводились на 5 различных образцах лемеха и отвала (табл. 2).

Для исследования была принята глинистая (темно-каштановая) почва Ново-Троицкого района, Херсонской области, Ново-Троицкой МТС. Механический состав этой почвы характеризуется данными, приведенными в таблице 1.

Таблица 1

Механический состав почвы

Наименование почвы	% гумуса по Тюрину	Механический состав почвы (в %)						
		>0,25	0,25 — 0,05	0,05 — 0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	Соли
Глинистая	3,35	—	6,1	30,69	22,7		38,92	1,58

Варианты влажности при лабораторном исследовании были приняты в соответствии с влажностью испытания плугов в эксплуатационных условиях, т. е. 7,14, 21, 28 и 35%. Форма испытуемых металлических образцов плоская, прямоугольного сечения, размером 8 × 3 *см* с поверхностью в 24 *см*².

Поверхность трения образцов предварительно прирабатывалась на этой же почве до состояния чистоты естественных условий, чтобы исключить влияние шероховатости на коэффициенты трения. Этим самым очищались поверхности металлических образцов от случайных пленок, сохраняя их реальное рабочее состояние.

Машина трения применялась по принципу действия — движения одной плоскости по другой, т. е. перемещением плоских металлических

образцов по монолиту почвы с регистрацией сил трения покоя F_0 и сил трения движений F.

Таблица 2

Экспериментальное определение коэффициентов кинетического трения металлических образцов о почву

Номера образцов	Материалы образцов	Микротвердость ПМТ-3 при Н 100	Абсолютная влажность почвы (в %)						
			7	10,2	15,2	17,9	21,9	25,7	29,2
			коэффициенты трения (f)						
0	Ст. Л65 режущей закаленой кромки лемеха (Эталон)	565	0,60	0,45	0,30	0,26	0,30	0,45	0,62
1	Ст. Л65 нормализованной спинки лемеха	286	0,64	0,52	0,34	0,32	0,34	0,50	0,66
2	Ст. Л65 хромированного лемеха	1015	0,48	0,35	0,24	0,20	0,23	0,33	0,51
7	Ст. Л65 наплавленного лемеха шихтой ВИСХОМ-9	1000	0,65	0,54	0,39	0,34	0,37	0,53	0,62
8	Ст. 2 цементированного отвала	637	0,62	0,48	0,32	0,29	0,32	0,48	0,64

Удельные давления находились в пределах, возможных при пахоте глинистой почвы, от 0,2 до 1,2 *кг/см²*. Трение образцов осуществлялось по нижней плоскости монолита почвы при средней глубине пахотного слоя в 22 *см*. Из числа изучаемых различных факторов (давление, скорость, температура, влажность), влияющих на величину сил трения, в данной работе исследуются варианты возможного увлажнения почвы, а остальные факторы остаются постоянными.

Регулирование влажности почвы производилось путем погружения нижней части ящика с монолитом в воду на 2 *см*, что позволяло равномерно насыщать влагой по всему его сечению. Далее способом взятия проб, по мере уменьшения влаги в ходе испытания, устанавливалась принятая влажность почвы.

Весьма существенным явилось моделирование узла трения металлический образец — почва. Если поверхность трения пласта почвы приспосабливается во время пахоты к поверхности трения корпуса плуга, то в лабораторных опытах возникла необходимость создать условия самоприспособления образцов по поверхности почвы. Для этого в центре образца прикладывалась нормальная нагрузка с помощью шарика, что вполне обеспечивало взаимное прилегание поверхностей.

Температурный режим поверхностного слоя трения образцов о почву при малых скоростях скольжения, имеющих место в пахотных агрегатах,— от 0,05 до 1,5 *м/сек* — и удельных давлениях от 0,2 до 1,2 *кг/см²* не может оказать существенного влияния на изменение коэффициентов трения. Если даже и возникает ничтожное тепло от сил трения, то оно беспрерывно отводится движущимся пластом почвы от металлических образцов, поэтому структурных изменений в металле не произойдет, следовательно, и влияний на коэффициенты трения не окажет.

Первые определения не принимались в расчет, потому что коэффициенты трения достигали более постоянных значений только после 8—10 определений. Повторность определений коэффициентов трения трех - и пятикратная.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВНЕШНЕГО ТРЕНИЯ И ТЯГОВЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Результаты лабораторных опытов на 5 различных образцах с последующей проверкой плугов 5К-35 в хозяйственных условиях на глинистых почвах в зоне, подлежащей орошению Южно-Украинским каналом, сведены в таблицы и по ним построены графики изменения коэффициентов и удельных сопротивлений в функции от влажности почвы. Экспериментальное определение коэффициентов кинетического трения металлических образцов о глинистую почву при удельном давлении $P_m = 1{,}0 \div 1{,}2$ *кг/см²*, скорости скольжения $v = 0{,}06 \div 0{,}07$ *м/сек* и температуре почвы $t = 12°$ приведены в таблице 2.

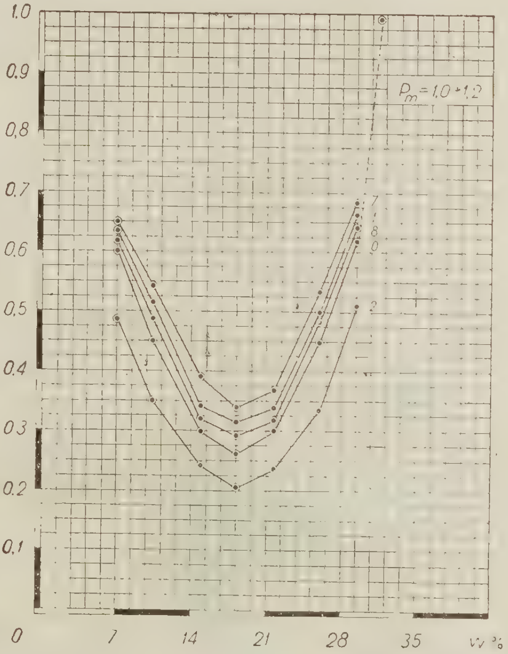


Рис. 1. Зависимость коэффициентов трения металлов (f) от влажности почвы (W).

Из таблицы 2 видно, что коэффициенты трений каждой пары трения (металл — почва) разные и имеют некоторую зависимость от физико-механических свойств материала образцов. Кроме этого, существует выраженная функциональная зависимость коэффициентов трения от влажности $f = \phi(W)$, что видно по закономерности графика, построенного по этим экспериментальным данным (рис. 1).

Судя по значению коэффициентов трения, определенный интерес представляют материалы образцов, расположенные в порядке убывающих величин коэффициентов (7, 1; 8,0 и 2). Влияние влажности является почти аналогичным по форме кривых коэффициентов трения. Как при пониженной влажности (7 %), так и при повышенной (29,2 %) коэффициенты трения возрастают, вследствие чего кривые изменения коэффициентов трения в функции от влажности почвы имеют характер вогнутой параболы с выраженным минимумом для влажности (17,9 %).

Величины коэффициентов трения металл — почва изменяются в значительных пределах в среднем по всем образцам от 0,6 до 0,28, в зависимости от состояния влажности.

Как видно из графика (рис. 2), удельное сопротивление при пахоте в функции от влажности глинистой почвы имеет тоже характер вогнутой параболы с выраженным минимумом, соответствующим оптимальной влажности (14 ÷ 20 %). Эта оптимальная влажность отвечает агротехническим требованиям качественной обработки почвы. При сравнении минимумы оптимальной влажности при лабораторных исследованиях коэффициентов трения (средняя влажность 17,9%) и производственных исследованиях

удельного сопротивления почвы (средняя влажность 17 %) вполне соответствуют, так как расхождение в величинах абсолютной влажности составляет всего лишь 0,9 %.

Переход на систему орошаемого земледелия в этой зоне глинистых почв при оптимальной влажности (14—20 %) способствует повышению производительности в среднем до 20 % и снижению расхода топлива пахотного агрегата до 19 %. Коэффициент трения металлов корпуса плуга о почву при этом в среднем снижается на 53,4 %, т. е. с 0,60 до 0,28.

Поэтому оптимальная влажность почвы во время ее обработки, кроме высокого качества пахоты, имеет еще большее значение в расходовании механической энергии. Эта почва с абсолютной влажностью в 7—8 % и после увлажнения до 24—29 % имеет наибольшие удельные сопротивления и коэффициенты внешнего трения, судя по их величинам (табл. 2, рис. 1 и 2). Природа сил трения металл—почва еще недостаточно изучена. Пользуясь положениями различных авторов, нам известно, что трение порождается физико-химическими, молекулярными и электрическими свойствами различных тел.

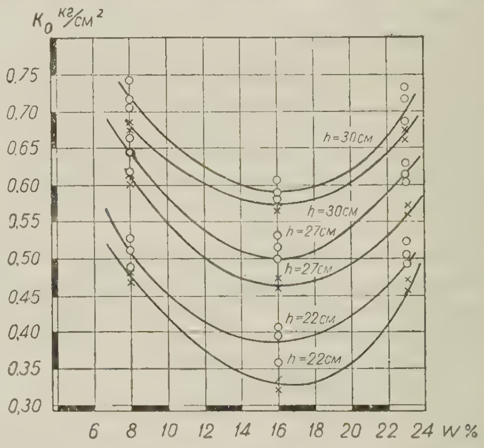


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления (K_0) от влажности почвы (W).

В данной работе мы изучаем внешнее трение глинистой почвы о поверхность корпуса плуга при различной влажности в связи с предстоящей системой орошения в некоторой части (Ново-Троицкая МТС) Южно-Украинского канала.

В природных условиях на поверхностях почвенных частиц имеются тонкие слои оболочек связанной воды, влияющей на липкость и трение почвы. Липкость почвы в сухом состоянии не проявляется, а по мере достижения определенного минимума влажности она наблюдается как способность почвенных частиц в сыром состоянии склеиваться и прилипать к предметам. Сильно вязкие почвы по шкале Н. А. Качинского (1934) имеют липкость от 5 до 15 *г/см²*. По данным некоторых исследователей, липкость почвы зависит от влажности как основного фактора, структуры, наличия гумуса и глинистых частиц, электрокинетического потенциала почвы и др.

Рассмотрим влияние влажности на силы трения металлов корпуса плуга о глинистую почву и удельное сопротивление с учетом возможной липкости почвы.

Полученные из опытов величины коэффициентов внешнего трения (рис. 1) и удельного сопротивления (рис. 2) в значительной степени зависят от влажности во всем диапазоне увлажнения почвы. С ростом абсолютной влажности почвы от 7—8 % до оптимума величины коэффициентов трения и удельного сопротивления постепенно уменьшаются и подчиняются, как видно, закону вогнутой параболы, Это объясняется тем, что при высыхании в летнее время глинистой почвы до относительной влажности 7—8 % поверхность рабочих органов становится весьма гладкой, окисленная

пленка их легко стирается абразивными частицами почвы и наступает почти сухое трение с сильным проявлением взаимного молекулярного притяжения, а отсюда возрастание величины коэффициентов трения до 0,6 (по эталону). По мере увеличения влажности от 7 до 14% твердость падает и силы трения почвы о поверхность корпуса значительно снижаются, а коэффициент трения доходит до 0,3 (по эталону). В пределах влажности от 14 до 20% наступают оптимальные условия работы плуга, так как удельное сопротивление и коэффициенты трения самые минимальные. Это объясняется тем, что при оптимальной влажности (14—20%) появляется на поверхности свободная вода и происходит выдавливанием излишней воды из почвы, которая действует как смазка в плоскости трения металл —почва, а отсюда уменьшение удельного сопротивления и коэффициентов трения до 0,26 (по эталону). За пределами оптимальной влажности почвы (14—20%) наступает постепенное увеличение ее липкости, влияющее на увеличение удельного сопротивления и коэффициента трения до 0,62. До абсолютной влажности от 26 до 30% обработка почвы еще возможна, а сверх этого затруднена и качество пахоты ухудшается.

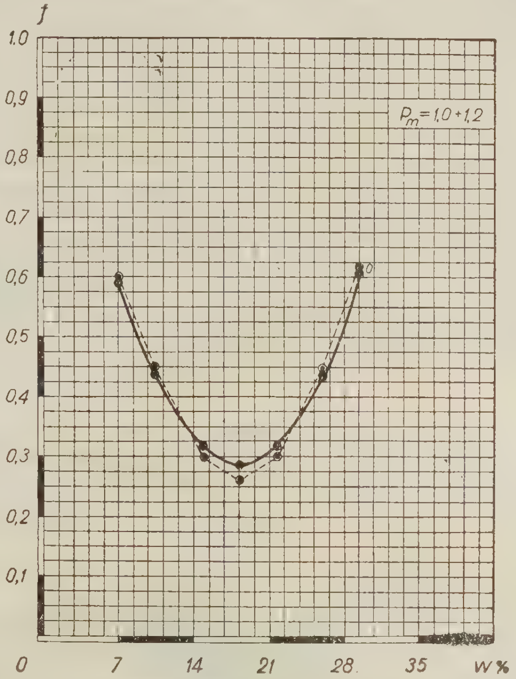


Рис. 3. График зависимости $f = \Phi(W)$, удовлетворяющий функциональному закону параболы второй степени.

В результате экспериментального исследования, рассмотрения графиков удельного сопротивления (2), коэффициентов трения (1) и предварительных расчетов видно, что кривые зависимости от влажности глинистой почвы удовлетворяют функциональному закону параболы второй степени:

$$y = a + bx + cx^2 \qquad (1),$$

где y — искомый коэффициент трения или удельного сопротивления при ее пахоте,

x — абсолютная влажность почвы, определяемая в каждом опыте,

a, b, c — коэффициенты.

Для вычисления параметров уравнения параболы второй степени общего вида пользуются способом наименьших квадратов на основе таких нормальных уравнений:

$$\sum Y = na + B\sum x + c\sum x^2$$
$$\sum Yx = a\sum x + B\sum x^2 + c\sum x^3$$
$$\sum Yx^2 = a\sum x^2 + b\sum x^3 + c\sum x^4,$$

где n — число вариантов.

Решая систему трех уравнений с тремя неизвестными, находим действительные коэффициенты в параболе (*а*, *в*, *с*) по опытным значениям удельного сопротивления *у* (K_0) или коэффициентов трения *у* (*f*) и влажности *х* (*W*). Зависимость значений коэффициента трения закаленной стали Л65 (эталон) по глинистой почве, полученных в результате экспериментальных исследований и путем расчета в зависимости от влажности (*W*) почвы, мы построили график (рис. 3). В нашем исследовании, кроме эталонного образца, приняты еще образцы 1, 2, 7, 8 с другими свойствами металлов.

Изучая пары трения металл — почва, необходимо рассматривать их во взаимосвязи с учетом свойств не только почвы, но и материалов образцов. Поэтому возникает необходимость вычисления параметров уравнения для каждой пары. Значительно проще вместо вычисления по каждой паре ввести в формулу параболы второй степени величины коэффициентов, характеризующих материал детали. Тогда искомые величины коэффициентов трения *у* (*f*) почвы от влажности *х* (*W*) при прочих равных условиях будут определяться по функциональному закону параболы второй степени с учетом характеристики материалов $c_м$.

$$Y = C_м (a + bx + cx)^2 \qquad (2).$$

В результате решения системы нормальных уравнений мы получаем формулу, выражающую экспериментально изученную зависимость коэффициентов трения (*f*) от влажности почвы (*W*):

$$f_р = C_м (1,1239 - 0,0936\,W + 0,0026\,W^2) \qquad (3).$$

Незначительная разница $\Delta f = 0,004 \div 0,02$ опытных и вычисленных значений *f* является вполне допустимой.

В формуле (3) коэффициенты могут быть: C_0— коэффициент, характеризующий материал закаленного образца о (эталона) (табл. 2) ст. Л65, принятый за единицу при данной влажности почвы. Так, при оптимальной влажности почвы 17,9% коэффициенты С будут:

C_1= 1,23 — нормализованная ст. Л65,
C_2 = 0,77 — хромированная ст. Л65,
C_7 = 1,30 — наплавленная ст. Л65 шихтой ВИСХОМ-9,
C_8 = 1,10 — цементированная ст. 2.

Зависимость удельного сопротивления *у* (K_0) от влажности *х* (*W*) почвы подчиняется уравнению параболы второй степени с учетом глубины пахоты *h*, при прочих равных условиях:

$$K_р = h (0,7360 - 0,0390\,W + 0,0012\,W^2 \pm 0,025) \qquad (4).$$

Расчетное удельное сопротивление K_0 удовлетворяет кривой рисунка 2 при глубине пахоты $h = 22$ *см*, принятой за единицу. Так, при оптимальной влажности почвы коэффициенты глубины будут

$$h_{22} = 1,0; \quad h_{27} = 1,34; \quad h_{30} = 1,56.$$

Разница опытных и расчетных сопротивлений *К* составляет 4,79%, что вполне удовлетворяет требованиям практики.

ВЫВОДЫ

1. Низкая (7—8%) и высокая (28—30%) относительная влажность глинистой почвы оказывают существенное влияние на увеличение коэффициентов внешнего трения и удельного сопротивления при пахоте.

2. Средняя величина оптимальной влажности при пахоте на орошаемом участке — 17% и лабораторном исследовании коэффициентов внешнего трения — 17,9% находятся почти в полном соответствии.

3. Переход на систему орошаемого земледелия в этой зоне глинистых почв при оптимальной влажности способствует снижению удельного сопротивления почвы ($h = 22$ *см*) на 27% и коэффициентов внешнего трения металлов корпуса плуга о почву на 53,4%.

4. Зависимость коэффициентов внешнего трения металлов о почву y (f) и удельного сопротивления почвы $y(K_0)$ от влажности x (W) удовлетворяет функциональному закону параболы второй степени

$$Y = a + bx + cx^2.$$

5. Полученные формулы 3 и 4 выражают экспериментально изученную зависимость коэффициентов трения (f) металлов корпуса плуга и удельного сопротивления K_0 глинистой почвы от ее влажности (W).

6. Аналитический способ определения искомых величин (f и K_0) от относительной влажности (W) значительно упрощает прежнюю методику трудоемкого экспериментального исследования сил трения и динамометрирования тягового сопротивления плугов.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ.
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957.

В. Н. КИЯНИЦА,
профессор
О. Н. НИЧКЕВИЧ,
доцент

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Влияние ультрафиолетового облучения на высшие растения значительно и проявления этого влияния многообразны, на что указывают подробные сводки литературы по этому вопросу [1, 2]; однако большинство исследований касается вопроса о влиянии на надземные вегетирующие части растений и только незначительная часть работ посвящена рассмотрению влияния ультрафиолетовой радиации на семена, как таковые [1], или же на свойства семян, полученных от облучавшихся растений [3].

Вопрос о влиянии ультрафиолетового облучения на семена не может считаться решенным: не выяснена роль отдельных участков ультрафиолетовой части спектра, а также влияние сопутствующей облучению ионизации воздуха. Хотя ультрафиолетовые лучи и не относятся к той области лучистой энергии, которую принято называть «ионизирующим излучением», но все же они оказывают заметный ионизационный эффект, что не может не влиять на состояние тканей, подвергшихся облучению: образование ионов в самых клетках, прохождение через клетку электрически заряженных частиц [4] и т. п.

В нашу задачу входило выяснение влияния ультрафиолетового облучения, во-первых, на энергию прорастания семян огородных культур, и, во-вторых, на дальнейшее развитие растений; в текущем году выполнялась первая часть работы.

В качестве объектов были взяты семена огурцов (сорт Берлизовские) и помидоров (сорт Король Гумбольт).

Работа производилась в лабораторных условиях. Семена облучались ртутно-кварцевой горелкой ПРК-2, которая без всякой арматуры располагалась горизонтально на высоте 400 *мм* над облучаемыми семенами. Во время опыта поддерживался нормальный режим работы горелки: напряжение на горелке 117—118 вольт при силе тока 3,6—3,8 ампера. Учета напряжения ультрафиолетовой радиации не производилось. Параллельно с облучением половина семян затенялась и подвергалась лишь воздействию ионизированного воздуха.

Облучение (и ионизация) продолжалось 6, 12 и 36 мин., после чего семена при помощи специального приспособления переворачивались на другую сторону и снова облучались в течение такого же времени; таким образом, полная продолжительность воздействия составляла 12, 24 и 72 мин. Воздействию подвергались семена сухие и предварительно в течение суток увлажненные. Каждая проба семян, в том числе и контрольные, состояла из 100 шт. Нумерация проб для каждой продолжительности экспозиции

соответственно была — сухие семена: 1, 3 и 5 — облученные, 7, 9 и 11 — ионизированные; увлажненные: 2, 4 и 6 — облученные, 8, 10 и 12 — ионизированные; контроль: 13 — сухие, 14 — увлажненные.

В каждом опыте проходило 1400 шт. семян.

Исследование ионизации воздуха сводилось к подсчету легких ионов каждого знака (n_+ и n_-) с учетом влияния тяжелых ионов (N_+ и N_-) по схеме, предложенной В. И. Барановым (5). Измерения производились со счетчиком ионов типа Эберта: двунитный электрометр соединялся с горизонтально расположенным цилиндрическим конденсатором; аспирация осуществлялась головкой аспирационного психрометра; объем протягиваемого воздуха регистрировался механическим счетчиком. Заземление и перезарядка добавочного конденсатора производилась с помощью сконструированного нами коммутатора, соединенного с анодной батареей (БАС-60).

При всех опытах вычислялась униполярность (u), т. е. отношение количества положительных легких ионов к количеству отрицательных.

Облучение и ионизация семян, как правило, начинались через 20—30 минут после зажигания горелки, по достижении ее нормального режима горения. Как показали исследования одного из авторов [6], стационарный режим ионизации воздуха достигается в первые минуты после включения ртутно-кварцевой горелки.

В помещение, где производилось облучение, семена вносились только на время их облучения (ионизации); до и после окончания опыта семена находились в соседнем помещении с естественной ионизацией воздуха. По окончании облучения все 14 проб семян раскладывались в открытые сосуды (чашки Петри), увлажнялись и затем в течение недели ежедневно производился подсчет числа проросших семян в каждой пробе. Выборки из результатов наблюдений представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Число проросших семян помидоров на шестой день после воздействия

№ опытов	Дата воздействия	Дата наблюдения	Номера проб													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
16	13.V	19.V	60	68	64	61	48	62	60	64	46	67	35	51	36	61
17	20.V	26.V	76	73	49	69	38	56	47	74	69	64	35	33	72	78
19	3.VI	9.VI	20	15	31	38	14	17	18	23	24	49	14	23	17	22
21	10.VI	16.VI	34	35	19	37	21	18	36	30	45	31	21	45	8	17
23	17.VI	28.VI	65	75	73	68	62	73	52	69	59	72	61	63	61	75
24	24.VI	30.VI	43	79	46	61	35	42	39	48	46	63	38	60	49	58
Среднее значение			50	58	47	56	36	45	42	52	48	58	37	42	40	58

Данные этих таблиц приведены на рис. 1—3. На рис. 1 показаны средние значения числа проросших семян помидоров, соответственно последней строке таблицы 1. Из рисунка видно, что воздействие на семена помидоров облучением или ионизацией вызывает повышение числа проросших семян по сравнению с контрольной пробой. Максимальный эффект был обнаружен в большинстве опытов при экспозиции порядка 12—24 мин. При 72-минутной экспозиции как для облучавшихся, так и для подвергавшихся только ионизации семян, наблюдается угнетение, сказывающееся в понижении энергии прорастания. Для семян, предварительно увлажненных, угнетение, вызываемое облучением, наблюдалось при несколько меньшей экспозиции, нежели для сухих семян.

Весьма незначительное уменьшение энергии прорастания ионизированных семян, наблюдавшееся при 12-минутной экспозиции (точки *а* и *б* на рис. 1), по-видимому, можно объяснить влиянием некоторых неучиты-

Таблица 2

Число проросших семян огурцов на второй и третий день после воздействия

№ опытов	Дата воздействия	Дата наблюдения	Номера проб														Ионизация (усл. единицы)				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	n_+	n_-	u	N_+	N_-
25	17.IX	19.IX	70	73	68	63	66	75	60	75	72	72	66	76	57	65	290	960	0,3	6	7
26	20.IX	22.IX	69	81	73	75	75	73	78	85	71	76	70	83	62	75	310	1080	0,3	4	2
28	24.IX	26.IX	64	64	65	75	72	74	56	70	72	82	70	72	59	80	700	620	1,0	10	10
32	29.IX	1.X	55	75	60	73	52	65	58	74	61	68	56	74	54	64	500	500	1,0	11	13
33	1.X	3.X	40	60	57	61	57	56	48	57	52	49	63	57	55	54	300	800	0,4	10	19
34	3.X	5 X	61	49	60	67	68	69	69	63	63	72	63	76	68	72	200	200	1,0	5	8
37	13.X	15.X	78	84	80	83	77	80	80	87	84	80	79	84	58	84	440	510	0,9	14	10
Среднее значение			62,5	69,5	66,1	71	66,7	70,4	64,1	73	67,9	71,3	66,7	74,5	59	70,6					
26	20.IX	23.IX	83	88	84	80	81	82	85	90	80	85	79	89	79	84	310	1080	0,3	4	2
30	27.IX	30.IX	86	82	74	76	77	83	77	78	69	84	77	83	66	75	450	660	0,7	5	7
33	1.X	4.X	64	79	80	78	81	75	71	75	77	69	76	74	73	67	300	800	0,4	10	19
36	7.X	10.X	65	87	69	74	72	77	78	84	70	85	69	75	67	84	200	200	1,0	13	8
Среднее значение			74,5	84	76,7	77	77,7	79,2	77,7	81,7	74	80,8	75,2	80,2	71,2	77,5					

ваемых факторов, как температура, погрешности опытов и др., хотя, вероятнее всего, можно принять, что при малых экспозициях влияние одной ионизации очень мало как для сухих семян, так и для увлажненных. Для сухих семян стимулирующее действие облучения и ионизации сказывается сильнее, чем для увлажненных; для последних положительное влияние сказывается только при малых экспозициях, при больших же замечено явное угнетение как при облучении, так и при одной ионизации.

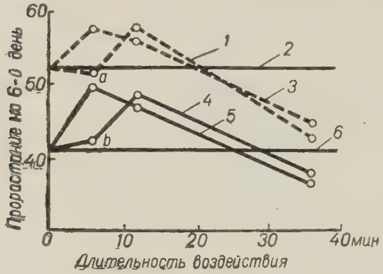


Рис. 1. Прорастание семян помидоров на 6-й день после воздействия.
Увлажненные семена: 1 — ионизация, 2— контроль, 3 — облучение. Сухие семена: 4 — ионизация, 5 — облучение, 6 — контроль.

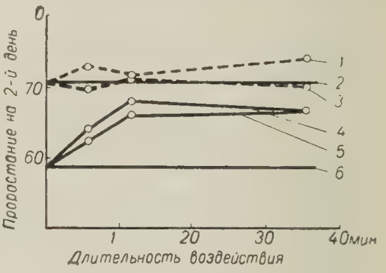


Рис. 2. Прорастание семян огурцов на 2-й день после воздействия.
Увлажненные семена: 1 — ионизация, 2 — контроль, 3 — облучение. Сухие семена: 4 — ионизация, 5 — облучение, 6 — контроль.

Средние данные по прорастанию огурцов на второй и третий день после облучения представлены на рис. 2 и 3. Как и для семян помидоров, влияние воздействия на сухие семена больше, нежели на увлажненные, причем наибольший эффект на второй день после облучения наблюдался при 24-минутной экспозиции.

Для увлажненных семян в большинстве опытов также наблюдалось повышение энергии прорастания; однако в двух опытах [28 и 34] число проросших семян было меньше, чем в контрольной пробе, что отразилось на средних значениях (точка *a* на рис. 2 показывает отрицательное влияние облучения); по-видимому, задержка прорастания в опытах 28 и 34 вызвана теми же неучитываемыми факторами, о которых говорилось.

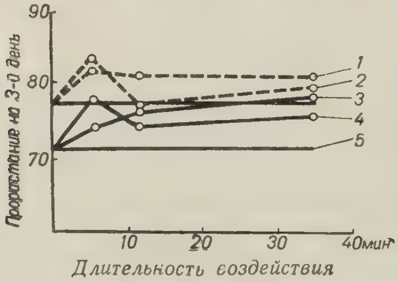


Рис. 3. Прорастание семян огурцов на 3-й день после воздействия.
Увлажненные семена: 1 — ионизация, 2 — облучение. Сухие семена: 3 — облучение, 4 — ионизация, 5 — контроль.

Вообще же следует считать, что при 12-минутной экспозиции облучение увлажненных семян ускоряет прорастание, при больших же экспозициях влияние облучения увлажненных семян сказывается незначительными колебаниями в обе стороны. Воздействие одной ионизации вызывает более стойкий положительный эффект при всех экспозициях.

В трех последних колонках таблицы 2 приведено содержание легких ионов обоего знака (n_+ и n_-), а также униполярность (u), наблюдавшиеся во время опытов. Как видно из таблицы, несмотря на контроль режима горелки (по напряжению и силе тока), ионизация воздуха при опытах не была постоянной; не только содержание ионов обоих знаков, но даже униполярность легких ионов изменялась в широких пределах — от 0,3 до 1,1.

Анализируя влияние ионизации на прорастание семян огурцов, мы рассмотрели воздействие ионизации как совместно с облучением, так и изолировано, при затенении семян.

С этой целью для каждой продолжительности экспозиции вычислены разности числа проросших семян облученных (ионизированных) — контрольные (Δ), обозначенные соответствующими номерами — Δ_1, Δ_2, Δ_3 и т. д. Полученные разницы сгруппированы по различным градациям содержания легких ионов и в виде средних значений представлены в таблице 3; в первой половине таблицы приведены разницы, сгруппированные по градациям положительных ионов, во второй — по отрицательным. Для сухих и увлажненных семян (Δ) приведены раздельно.

Таблица 3

Разница числа проросших семян огурцов облученные (ионизированные) — контрольные

	n_+	n_-	Δ_1	Δ_3	Δ_5	Δ_7	Δ_9	Δ_{11}	Δ_2	Δ_4	Δ_6	Δ_8	Δ_{10}	Δ_{12}
			Сухие						Увлажненные					
I	200	200	−4	−3	2	6	−1	−2	−10	−2	−2	4	1	−2
	300	950	2	8	8	4	7	8	6	−1	3	4	2	4
	500	500	1	12	6	12	11	11	6	3	2	5	3	6
	700	620	5	6	13	−3	13	11	5	6	13	−3	13	11
II	200	200	−4	−3	2	6	−1	−2	−10	−2	−2	4	1	−2
	450	500	10	8	4	9	15	12	6	4	−1	−2	−4	4
	500—700	600	5	7	12	4	8	11	4	−2	2	−4	6	0
	300	800—1000	2	8	8	4	7	8	6	1	3	4	2	9

Изменчивость (Δ) при различных напряжениях ионизации послужила основанием сопоставления прорастания семян под влиянием облучения (ионизации) с «дозой» ионизации, за которую было принято произведение

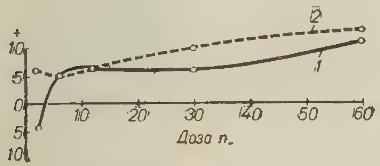


Рис. 4. Средняя разница проросших семян, облученные 1 (ионизированные 2) — контроль при различных дозах $n-$.

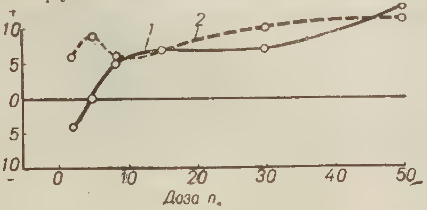


Рис. 5. Средняя разница проросших семян, облученные 1 (ионизированные 2) — контроль при различных дозах $n+$.

интенсивности ионизации на продолжительность экспозиции, что и представлено на рис. 4 и 5, из которых видно, что во всех случаях (за исключением первых двух для ионизированных семян) наблюдалась определенная зависимость числа проросших семян огурцов от продолжительности воздействия и интенсивности ионизации, т. е. от «дозы» ионизации. По-видимому, эта зависимость может быть объяснена воздействием на клетку электрических зарядов и образованием в клетках ионов (4). Приведенные данные иллюстрируют влияние на прорастание семян только легких ионов; но, по-видимому, на семена влияет весь комплекс ионизации, т. е. и легкие и тяжелые ионы, причем влияние каждой группы может быть различно.

Рассматривая влияние на семена ультрафиолетового облучения, мы пользовались интегральным излучением ртутно-кварцевой горелки; не

имея в своем распоряжении светофильтров, мы не могли выделять различные участки спектра, хотя и сделали попытку отрезать коротковолновую часть излучения. С этой целью был применен светофильтр из обычного толстого стекла, как известно, практически не пропускающего лучей с длиной волны короче 290—300 *m* μ. Фильтр помещался на высоте 7 *см* над облучаемыми и ионизируемыми семенами; ионизация воздуха измерялась под стеклом, но при работе аспиратора под стекло засасывалось некоторое количество воздуха из комнаты; ионизация воздуха оказалась самой малой сравнительно с другими проведенными опытами — 150 для легких положительных ионов и 190 для отрицательных.

Ниже приводится разница числа проросших семян при различных экспозициях облучения и ионизации под стеклом.

Доза n_+	1,8	3,6	10,8
Доза n_-	2,3	4,5	13,5
$\Delta_{1,3,5}$	0	4	11
$\Delta_{7,9,11}$	—4	—9	1

Ограниченность времени не позволила произвести несколько повторений этого опыта; хотя результатов одного опыта недостаточно для окончательного суждения, но все же предварительно можно заметить, что при пониженной «дозе» ионизации проросших семян было меньше, нежели в контрольной пробе.

Что касается облучения, то в этом случае, несмотря на пониженную ионизацию, наблюдалось положительное влияние. По-видимому, его можно объяснить тем, что стеклом отрезались лучи с длиною волны короче 290 *m*μ, непривычные для живой растительной клетки и могущие оказывать на нее неблагоприятное влияние, как на то указывают Т. Л. Петришин и С. Р. Ландау [7]; через стекло прошли только стимулирующие ультрафиолетовые лучи, не вызывающие свертывания белков [8]. Опыты 1956 г. с облучением семян редиса подтвердили найденное нами ускорение прорастания при исключении самых крайних ультрафиолетовых лучей.

ВЫВОДЫ

1. В результате облучения сухих семян помидоров и огурцов замечено повышение энергии прорастания семян по сравнению с контрольными пробами; при экспозиции порядка 12—24 мин. наблюдалось увеличение числа проросших семян в пределах 7—8% для помидоров и 3—8% для огурцов.

2. При облучении увлажненных семян помидоров наблюдался положительный эффект при такой же экспозиции; облучение увлажненных семян огурцов вызывало колебания энергии прорастания как в сторону повышения, так и в сторону понижения.

3. Влияние одной ионизации на увлажненные семена при всех экспозициях было положительным и более стойким, чем при облучении.

4. Угнетающее действие облучения для семян помидоров сказывается

ранее, чем для семян огурцов, что указывает на бо́льшую чувствительность помидоров к ультрафиолетовой радиации.

5. Как при облучении, так и при ионизации замечено повышение числа проросших семян огурцов в зависимости от «дозы» ионизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Знаменский, Влияние ультрафиолета на высшие растения, Бот. жур., т. 20, № 4, 1935.
2. Мейер А. и Зейтц З., Ультрафиолетовое излучение, 1952.
3. Ghisleni P., Nuovo giorn. Bot. Ital. 55, № 3, 1948.
4. Аглинцев, О биологическом действии ионизирующего излучения, Успехи физ. наук, т. 32, вып. 3, 1947.
5. Баранов В. И., 1) Жур. Рус., физ.-хим. об-ва, ч. физ., т. 54, 1—2, 1925; 2) Учет влияния медленных ионов, Кур. Дело, № 6, 1926.
6. Ничкевич О. Н., Иванченко Н. Г., Ионизация воздуха в физикотерапевтических кабинетах, Проблемы микроклиматологии и микроклиматотерапии, 1935.
7. Петришин Т. Л., Ландау С. Р., К вопросу о влиянии коротковолновой части солнечного спектра..., Изв. АН СССР, сер. биол., № 6, 1953.
8. Кондратьев К. Я., Лучистая энергия солнца, 1955.

УКРАИНСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ,
НАУЧНЫЕ ТРУДЫ, ТОМ IX, 1957

М. Н. ДАДЕНКОВА, Г. П. РОЩИНА

РАССЕЯНИЕ СВЕТА В РАСТВОРАХ, СОСТАВЛЕННЫХ ИЗ КОМПОНЕНТОВ РАЗЛИЧНОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО СТРОЕНИЯ*

До настоящего времени не имеется исчерпывающих данных относительно молекулярной структуры растворов. Большую роль в выяснении характера расположения частиц в растворах сыграл рентгеноструктурный анализ. Но все же данные рентгеноструктурного анализа недостаточны для выяснения всего многообразия свойств жидких систем. Кроме того, эти данные не дают сведений относительно динамики сил, действующих между частицами растворов.

Ряд качественных исследований рассеяния рентгеновых лучей в двойных жидких системах дали возможность В. И. Данилову [1], развившему идеи Д. И. Менделеева, разделить двойные системы на следующие группы: молекулярно смешивающиеся системы, молекулярно не смешивающиеся и системы, компоненты которых образуют химические соединения. К истинным, или молекулярно смешивающимся, растворам можно отнести те, молекулы которых дают структурные образования, имеющие характер комбинированных групп, в которых присутствуют молекулы обоих компонентов. В любом элементе объема такой системы вероятность присутствия молекул одного сорта пропорциональна количеству молекул этого сорта. Ко второй группе относятся так называемые псевдоэмульсионные системы. В элементарном объеме таких систем преобладают частицы одного сорта, т. е. жидкости смешиваются кажущимся образом, оставаясь обособленными в небольших объемах. К третьей группе относятся такие растворы, молекулярное строение которых резко отличается от структуры компонентов.

Е. Ф. Гроссом и М. Ф. Вуксом доказано, что молекулярное рассеяние света связано со структурой рассеивающего вещества. Свойства рассеянного света — его интенсивность, спектральный состав, состояние поляризации обусловлены характером ближнего порядка в рассеивающей среде.

Поэтому значительный интерес представляет исследование отдельных характеристик рассеянного света для получения сведений о структуре рассеивающей среды и уточнения природы эффектов рассеяния.

В чистых жидкостях различают два вида рассеяния — рассеяние, связанное с флюктуациями плотности, так называемое плотностное рассеяние, и рассеяние, связанное с флюктуациями ориентации, так называемое анизотропное рассеяние. В случае жидких растворов наблюдается также рассеяние, связанное с флюктуациями концентрации, которое носит название концентрационного рассеяния. Таким образом, в случае жидких растворов

* Настоящая работа выполнена в лаборатории кафедры молекулярной физики Киевского госуниверситета.

интенсивность общего молекулярного рассеяния будет состоять из трех частей:

$$I = I_n + I_a + I_k$$

где: I_n — интенсивность плотностного рассеяния,

I_a — интенсивность анизотропного рассеяния,

I_k — интенсивность концентрационного рассеяния.

Впервые на существование флюктуаций концентрации указал Смолуховский [2], основываясь на идеях Коновалова. На основании работ Смолуховского Эйнштейн, Раман и др. разработали теорию молекулярного рассеяния света в растворах.

Для интенсивности света, рассеянного двойными жидкими растворами, на основании термодинамических соображений было получено следующее выражение:

$$I = I_0 \frac{\pi^2 RT}{2N\lambda^4 r^2}\left[\frac{\left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial k}\right)^2}{m_2\left(v_2 \frac{\partial P_2}{\partial k} - s_2 \frac{\partial \Phi}{\partial k}\right)} + \beta_T \rho^2 \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho}\right)^2\right] \cdot \left[\frac{6 + 6\Delta}{6 - 7\Delta}\right] \tag{1}$$

где:

I — интенсивность рассеянного света,

I_0 — интенсивность падающего света,

P_2 — парциальное давление пара,

V_2 — удельный объем,

S_2 — сжатие объема раствора при удалении единицы массы второго компонента,

Φ — общее давление пара,

β_T — изотермическая сжимаемость раствора,

ρ — плотность среды,

λ — длина волны,

N — число Авогадро,

K — концентрация, определяемая отношением $\frac{m_1}{m_2}$,

m_1 и m_2 — массы соответственно первого и второго компонента,

Δ — коэффициент деполяризации света, рассеянного раствором,

r — расстояние от рассеивающего объема до места наблюдения.

Таким образом, для теоретического расчета интенсивности света, рассеянного двойным жидким раствором, необходимо знание его диэлектрической проницаемости и изменения ее с концентрацией, плотности раствора, показателя преломления раствора, изотермической сжимаемости, парциального и общего давления паров и их изменения с концентрацией, удельных объемов паров и изменения объема, происходящие вследствие растворения одного вещества в другом и т. д. Отсутствие и трудность получения таких данных в подавляющем большинстве случаев не дает возможности произвести точный теоретический расчет. В настоящее время не существует также экспериментального метода, позволяющего непосредственно измерить величину интенсивности концентрационного рассеяния в растворах.

Применяемый нами метод исследования интенсивности молекулярного рассеяния света в растворах основан на том, что пучок рассеянного света, который наблюдается под прямым углом к падающему пучку света, разлагается на две поляризованные составляющие, в одной из которых направление электрического вектора параллельно падающему пучку света ($I_{\parallel}$), а в другой составляющей — перпендикулярно падающему пучку ($I_{\perp}$). Пучок рассеянного света разделялся на указанные составляющие специально ориентированной поляризационной призмой. При одном положении призмы через нее проходит поляризованная составляющая, которая включает 6/13

интенсивности анизотропной части рассеянного света. При другом положении призмы, которое составляет угол 90°, с первым через призму проходит другая поляризованная составляющая, которая включает все плотностное и концентрационное рассеяние, а также 7/13 анизотропного рассеяния. Таким образом, можно определить интенсивность анизотропного и изотропного рассеяния.

Относительная интенсивность поляризованных составляющих находится при помощи визуального фотометрирования, путем сравнения с интенсивностью параллельной составляющей бензола ($I_{\parallel}^{\delta}$) при температуре 20°C.

В качестве источника света применялась натриевая лампа типа Osira.

В тех случаях, когда удается вычислить величину интенсивности плотностного рассеяния по формуле:

$$I_n = \frac{I_0 \pi^2 RT}{2N \lambda^4 r^2} \beta_T \left(\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho}\right)_T^2 \qquad (2)$$

можно рассчитать интенсивность концентрационного рассеяния в зависимости от концентрации.

Однако отсутствие экспериментальных данных в большинстве случаев не позволяет произвести подобный расчет.

Нами были исследованы растворы нормальных первичных спиртов как между собой, так и в различных растворителях. Всего было исследовано 9 систем:

[$C_2H_5OH - C_6H_6$, $C_4H_9OH - C_6H_6$, $C_2H_5OH - CCl_4$, $C_4H_9OH - CCl_4$, $C_2H_5OH - C_4H_9OH$, $C_2H_5OH - C_3H_5(OH)_3$, $C_2H_5OH - C_3H_2O$, $C_4H_9OH - C_3H_2O$, $C_4H_9OH - C_3H_5(OH)_3$]

Исследовалась как концентрационная, так и температурная зависимость интенсивности молекулярного рассеяния света. Значения интенсивности изотропного и анизотропного рассеяния для растворов этанола и бутанола в бензоле приведены в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость интенсивности анизотропного (I_a) и изотропного $I_{из}$ рассеяния света от концентрации при температуре 20°

Концентрация (в %)	Этанол в бензоле		Бутанол в бензоле	
	I_a	$I_{из}$	I_a	$I_{из}$
0	0,099	0,68	0,22	0,8
25	1,28	1,36	1,69	1,73
50	2,1	2,68	2,04	1,78
75	2,16	2,67	2,1	1,76
100	2,17	1,12	2,17	1,12

Примечние. В таблице указана концентрация бензола в весовых процентах.

Кривые зависимости интенсивности изотропного рассеяния света от концентрации для растворов этанола в бутаноле имеют вид прямых, что свидетельствует об отсутствии в этих растворах концентрационного рассеяния. Следовательно, растворы этанола в бутаноле можно отнести к молекулярно смешивающимся. Это становится понятным, если учесть, что компоненты раствора обладают одинаковым типом связи, с одинаковым координационным числом и близким значением радиуса координационной сферы.

В растворах этанола и бутанола в глицерине картина рассеяния совсем иная. В этом случае кривые изотропного рассеяния имеют резко выра-

женный максимум, который, очевидно, обусловлен значительным концентрационным рассеянием. С повышением температуры максимум сглаживается. Наличие заметного концентрационного рассеяния свидетельствует о молекулярной несмешиваемости компонентов раствора. Ограниченную смешиваемость глицерина и бутанола можно, очевидно, объяснить в основном тем, что взаимодействие между молекулами глицерина, имеющего три OH-группы слабее, чем между молекулами глицерина и бутанола. Размеры же молекул глицерина и бутанола близки.

На изотермах изотропного рассеяния для растворов этанола в бензоле и бутанола в бензоле наблюдается также ярко выраженный максимум. По мере роста температуры с уменьшением флюктуаций концентрации изотермы принимают вид почти прямых. Изотермы изотропного рассеяния для растворов спиртов в ацетоне имеют плавный ход. Отсутствие максимума указывает на практически полную смешиваемость компонентов.

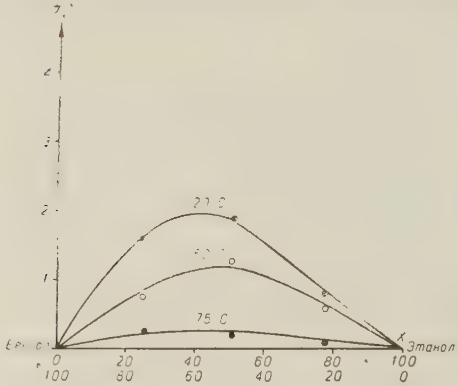


Рис. 1. Зависимость интенсивности концентрационного рассеяния (I_k) от концентрации этанола в растворах этанола в бензоле для температур 75°, 50° и 20°.

Целый ряд наших исследований [3], а также исследований других авторов [4, 5] показывают, что в случае отсутствия флюктуаций концентрации зависимость интенсивности плотностного рассеяния от концентрации имеет вид прямой. В случае наличия концентрационного рассеяния на кривых изотропного рассеяния наблюдается максимум. Этот факт позволяет в некоторых случаях, когда не представляется возможность рассчитать плотностное рассеяние по формуле (2), приближенно оценить величину концентрационного рассеяния.

Величину интенсивности концентрационного рассеяния можно, очевидно, рассматривать как меру смешиваемости двух компонентов раствора.

Нами была вычислена таким образом величина интенсивности концентрационного рассеяния для ряда растворов спиртов. Расчеты показывают, что величина интенсивности концентрационного рассеяния значительна и в том случае, если раствор не расслаивается на два слоя. С повышением температуры концентрационное рассеяние света убывает.

На рис. 1 приведена зависимость концентрационного рассеяния от температуры для растворов этанола в бензоле, для 20°, 50° и 75°.

Из рис. 1 видно, что концентрационное рассеяние для растворов имеет отличное от нуля значение и убывает с ростом температуры.

На смешиваемость компонентов раствора может оказывать влияние характер и интенсивность межмолекулярного взаимодействия, а также разница в размерах молекул компонентов.

Например, в системах спирт—бензол, между молекулами спирта и бензола действуют ван-дер-ваальсовские силы, которые значительно меньше взаимодействия между молекулами спирта, которое в основном определяется водородной связью. Поэтому в растворе имеются отдельно группы молекул спирта и группы молекул бензола.

В системах спирт—глицерин характер взаимодействия между компонентами раствора определяется в основном водородной связью, как и для чистых компонентов. Однако ввиду наличия у глицерина трех ОН-групп, связь между молекулами глицерина больше, чем между молекулами глицерина и спирта.

В растворах бутанола в ацетоне и диоксане взаимодействие между молекулами компонентов раствора носит характер водородной связи, но несколько слабее водородной связи между молекулами спирта. Поэтому в этих системах мы наблюдаем полную смешиваемость компонентов (рис. 2).

Произведенные нами исследования показали, что в отличие от растворов одноатомных спиртов между собой, в случае растворов спиртов в растворителях не сходной с ними молекулярной структуры, поведение изотропной части рассеянного света различно для различных растворителей и зависит в сильной степени от характера взаимодействия между молекулами растворителя.

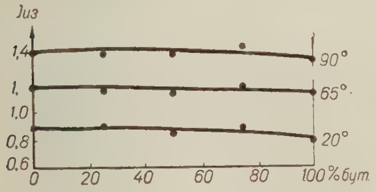


Рис. 2. Зависимость интенсивности изотропного рассеяния света от концентрации для растворов бутанола в диоксане при различных температурах.

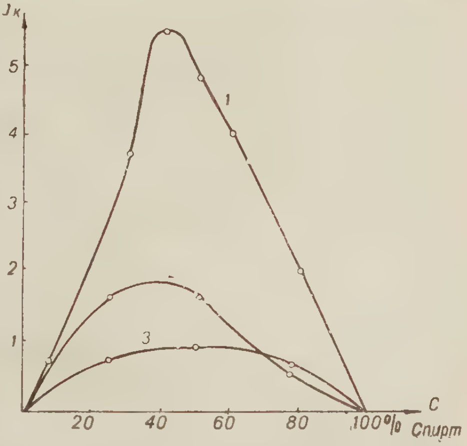


Рис. 3. Зависимость интенсивности концентрационного рассеяния от концентрации спирта для растворов.

Основную роль в смешиваемости и несмешиваемости компонентов раствора в данных системах играет характер взаимодействия и интенсивность взаимодействия между молекулами.

Если рассмотреть растворы спиртов (метилового (3), этилового (2), бутилового (1) в бензоле), то наибольшую смешиваемость обнаруживает метиловый спирт(данные для метилового спирта взяты из работы М. И. Шахпаронова и Н. Г. Шленкиной [4]), затем этиловый и наименьшую бутиловый (рис. 3). В этом случае характер взаимодействия между компонентами раствора одинаков—ван-дер-ваальсовская связь. Здесь, вероятно, играет роль разница в размерах молекул спиртов и бензола, которая убывает от метанола к бутанолу.

Так как концентрационное рассеяние света может служить мерой несмешиваемости компонентов раствора, дальнейшие исследования в этом направлении представляют интерес не только для физиков, но и для химиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилов В. И., Известия АН СССР, 5, 1941, стр. 30.
2. Smoluchowsky, Ann. d. Phys. 25, 205, 1908.
3. Рощина Г. П., Даденкова М. Н., Доповіді АН УРСР, № 6, 1954, стор. 448.
4. Шахпаронов М. И., Шленкина Н. Г., ЖФХ, 27, 1953, стр. 87.
5. Rav, Phys. Rev. 22, 78, 1923.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3

М. А. Зеленский, За комплексное проведение научных исследований 5

Т. Т. Демиденко, М. А. Белоножко, А. Ф. Сороченков, Пути повышения урожайности озимой пшеницы в Полесье УССР 9

А. Г. Михаловский, Т. Д. Мельник, Влияние предпосевной обработки семян раствором медного купороса на развитие и созревание кукурузы 17

П. А. Гирко, Мероприятия по повышению урожая и качества озимой пшеницы в Полесье УССР 23

Е. Ф. Манойленко, О. В. Кулиш, В. С. Гудзь, Влияние минерального питания на устойчивость хлебных злаков против полегания 31

А. П. Довбах, Влияние подкормки, внесенной в поздние фазы вегетации, на повышение урожая и улучшение породных свойств семян озимой пшеницы 37

Т. Т. Демиденко, М. И. Петренко, Уплотненные посевы — резерв создания кормовой базы для животноводства 45

И. Л. Калоша, Влияние минеральных удобрений и известкования почвы на урожай и качество силосной массы кукурузы на темно-серых лесных почвах 51

Е. В. Герасименко, В. М. Калиберда, Влияние приемов обработки почвы на урожай кукурузы 55

В. И. Мойсеенко, Влияние органо-минеральных смесей на урожай кукурузы в условиях южного Полесья УССР 61

Т. Т. Демиденко, А. Ф. Сороченков, Влияние метеорологических факторов и удобрений на поступление и динамику питательных веществ в органах гречихи . . . 67

Н. Ф. Хохол, Влияние удобрений на накопление крахмала в клубнях картофеля . . 77

Л. М. Бахто, Влияние органо-минеральных смесей и подкормок на урожай картофеля 81

И. С. Руденко, Г. Ф. Назаренко, Е. Ф. Манойленко, Приемы обработки пласта многолетних трав под культуру льна-долгунца в условиях Полесья УССР 85

А. Г. Михаловский, Е. В. Герасименко, Эффективность приемов обработки пласта многолетних трав на дерново-луговых почвах Полесья УССР 93

А. Г. Михаловский, М. М. Сопильняк, Влияние предшественников на зимостойкость, урожай и качество урожая озимой пшеницы 107

М. А. Зеленский, А. Е. Кошеленко, Селекция сорта льна для пожнивного посева . . 117

А. Г. Михаловский, Н. С. Чернилевский, Повышение урожая люпина на зеленое удобрение и регулирование процесса разложения органического вещества сидерата в дерново-подзолистых почвах Полесья УССР 121

В. Ф. Пересыпкин, Об изменчивости возбудителей бактериоза корней озимого рапса xanthomonas compestris (Pammel) Dowson и Pseudomonas flu orescens Migula Var, napi Peressypkin 127

А. Д. Полищук, Характер роста и плодоношения виноградной лозы в связи с динамикой питательных веществ и активностью каталазы 149

М. А. Зеленский, Новые сорта абрикоса 153

М. М. Годлин, Л. И. Ковальский, К вопросу об источниках засоления почв понижений бассейна р. Трубеж (предварительное сообщение) 167

Е. Я. Елин, К ботанико-производственной характеристике пойменных лугов р. Тетерев . . . 173
В. А. Поварницын, Возобновление в сосновых лесах украинского Полесья в связи с их типами . . . 181
В. А. Бодров, Пути разрешения проблемы борьбы с эрозией в районе каневских дислокаций . . . 191
П. Г. Кальной, Влияние влагозарядковых поливов на рост сеянцев шелковицы белой 197
М. Т. Ганжа, Опыт создания гнездовых культур дуба в Одесской области УССР . 201
Б. И. Логгинов, Г. В. Дубинин, Вопросы коренного улучшения (реконструкции) грабовых молодняков . . . 207
П. Н. Мегалинский, М. Б. Бертуш, Вопросы использования естественного лесовозобновления в лесах Украинской ССР . . . 213
С. А. Золотарев, О роли леса в почвообразовании и типах лесных почв . . . 221
К. Е. Никитин, О возрасте рубки грабовых насаждений в УССР . . . 231
М. В. Давидов, Исследование хода роста семенных дубовых насаждений в УССР . 237
Ю. М. Руденко, Анализ применяемых способов определения процента текущего объемного прироста растущих деревьев . . . 245
Л. А. Коробиевский, О возможности выращивания сосновых культур без ухода на бедных песчаных почвах в условиях Киевской области . . . 255
А. Н. Миловидов, О естественном возобновлении в лесах Закарпатской области УССР 259
В. Н. Братусь, К вопросу о распознавании границ красной гнили сосны по внешним признакам . . . 263
Н. Н. Падий, Причины усыхания грабовых насаждений Винницкой области . . . 271
П. Д. Пшеничный, Влияние разного кормления сельскохозяйственных животных на их развитие и качество потомства . . . 277
Н. Н. Колесник, Оценка конституции животных по промерам экстерьера . . . 283
Г. Т. Клиценко, Влияние различных дач поваренной соли в рационах молочных коров на использование азота . . . 291
М. С. Карагезова, Исследование влияния скоростных режимов на качество квадратно-гнездового посева кукурузы и установку узлоуловителя квадратно-гнездовых сеялок . . . 297
В. Г. Кузьминский, К теории рулевого управления универсальных колесных тракторов . . . 303
В. А. Михаловский, А. А. Фельдман, Н. И. Шпилевая, Определение усилий и напряжений в звеньях механизма навески трактора «Беларусь» . . . 309
Н. П. Ведмедь, Экспериментальное исследование работы масляного насоса . . . 317
Г. К. Шкурский, Оптимальные значения натяга для сочленений с бронзовыми подшипниковыми втулками . . . 323
А. А. Фельдман, И. П. Сирош, Определение усилий и напряжений в подвеске к навесному плугу ПНУ-5 завода им. Октябрьской революции . . . 327
П. И. Рощин, Оптимальные режимы работы гидростанций сельских энергосистем . 333
Б. Х. Драганов, Расход пара для паровой машины с отбором пара . . . 339
Д. Е. Мельниченко, К вопросу о построении рационального профиля водосливной вакуумной плотины малого и среднего напора . . . 343
М. В. Лаврентьев, Влияние уклона дна подмостового русла на форму свободной поверхности потока . . . 351
Б. Л. Костин, Кинематический синтез планетарных редукторов (графический метод) . 355
И. П. Бердинских, Односторонний контактный нагрев склеиваемой древесины . . . 359
А. И. Мазурчик, Универсальная сортировка паркетной фризы . . . 375
И. Н. Житов, Общий прием исследования вписывания экипажей и поездов . . . 379
П. Г. Королев, Потребная мощность при торцевом фрезеровании трефовых пазов . 387
В. С. Ясинский, Резервы лесопиления . . . 393
В. В. Котек, Учение Леонарда Эйлера об абстракции . . . 397
И. А. Эзрохи, Некоторые свойства пространств со слабо компактной единичной сферой . . . 403
С. Т. Дзюбенко, Асимптотические квадратуры со специальным разложением разности между верхним и нижним пределами интеграла в геометрическую прогрессию. 407
П. К. Кобушкин, О соотношении между массой и моментом количества движения тел 421
А. И. Быховский, О линейной скорости превращения белого олова в серое . . . 431
С. Н. Бекетовский, Применение новой качественной реакции в решении вопроса о строении лигнина . . . 441
Ю. А. Сикорский, Исследование влияния примесей и нарушений на диэлектрическую проницаемость кристаллов . . . 447
Е. М. Скобец, О некоторых особенностях полярографических волн, полученных на твердых электродах . . . 455

Е. М. Скобец, Н. И. Белинская, Полярографическое определение марганца анодным окислением на платиновом электроде 467
И. П. Могильный, Влияние влажности на удельное сопротивление и трение металлов корпуса плуга о почву 473
В. Н. Кияница, О. Н. Ничкевич, К вопросу о влиянии ультрафиолетового облучения на прорастание семян овощных культур 481
М. Н. Даденкова, Г. П. Рощина, Рассеяние света в растворах, составленных из компонентов различного молекулярного строения 489

Художественно-технический редактор *С. А. Черевацкий*
Корректоры *А. М. Салоид, З. Д. Ярмоленко*

Сдано на производство 13/II 1957 г. Подписано к печати 28/IX 1957 г. БФ 13444. Тираж 1000. Бумага 70×108 1/16. Печатн. листов 42,47. Учетно-изд. листов 44,34. Заказ № 230. Бесплатно.

Напечатано с матриц Книжно-журнальной фабрики в Кн. типографии № 3 Главиздата Министерства культуры УССР. Киев, Золотоворотская, 11.

15

БЕСПЛАТНО